

موسوعة التصنيع الغذائي

الجزء الأول

دكتور

محمود على أحمد بخيت

دكتور

سعد أحمد سعد حلابو



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية



موسوعة التصنيع الغذائي

الجزء الأول

إعداد

دكتور / محمود على أحمد بخيت

أستاذ الصناعات الغذائية المساعد

بكلية الزراعة – جامعة القاهرة

دكتور / سعد أحمد سعد حلايو

أستاذ الصناعات الغذائية

بكلية الزراعة – جامعة القاهرة

المنسق العلمي: د. سعد أحمد سعد حلايو



الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠١٠

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠١٠م - ١٤٣٠هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصر والمذفوع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٢٧٤٨٥٢٨٢ - ٢٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٢٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استساح أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

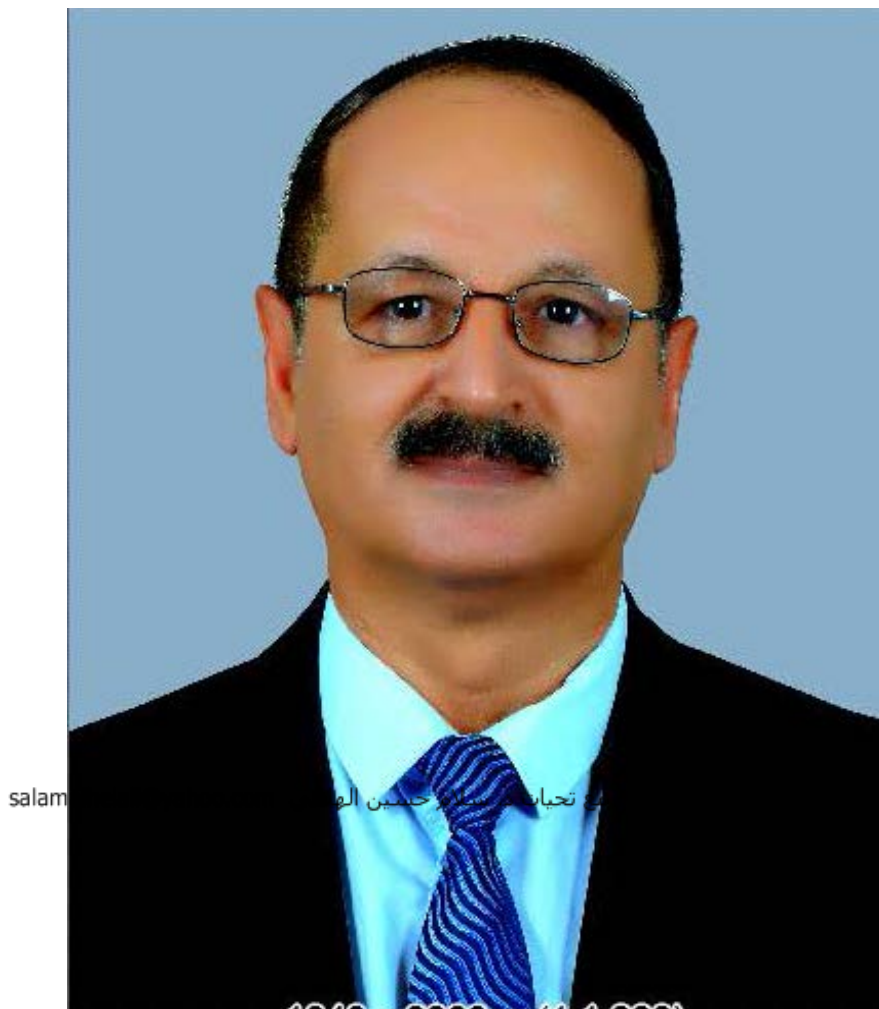
salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



المحتويات

الصفحة	الموضوع
الجزء الأول	
11	مقدمة عن التصنيع الغذائي
14	مقدمة الجزء الأول

الفصل الأول

قياس تركيز المحاليل وتحضيرها

أهمية قياس تركيز المحاليل / الأساس الذي تقوم عليه طرق التقدير المختلفة /
الطرق المعتمدة على الكثافة / قنينة الكثافة / ميزان وستيفال / الأيدروميترات /
أنواع الأيدروميترات / التصحيح الحراري / الطرق المعتمدة على انكسار
الضوء / أنواع الرفراكتورميترات / استخدامات الرفراكتورميترات / تحضير
وخلط المحاليل / الطريقة البيانية / الطريقة الجبرية / طريقة الرسوم البيانية /
الطريقة المباشرة / ميزان المادة / المراجع

17

الفصل الثاني

فساد الأغذية

مقدمة/ عوامل فساد الأغذية/ العوامل الحيوية/ العوامل الكيميائية/
89العوامل الطبيعية/ المراجع

الفصل الثالث

الخطوات العامة لإعداد الخامات الغذائية لعمليات التصنيع أو الحفظ

مقدمة/ مقومات صناعة حفظ الأغذية/ العلوم ذات الصلة الوثيقة بمجال
حفظ الأغذية/ أهمية التصنيع الغذائي/ خطوات إعداد الخامات الغذائية
103 للتصنيع أو الحفظ/ المراجع

الفصل الرابع

حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة

- مقدمة/ حفظ الأغذية بالتبريد/ تبريد اللحوم/ تبريد الأسماك/ تبريد الخضار والفاكهة/ الحفظ بالتجميد/ خطوات صناعة التجميد/ تعبئة الأغذية المجمدة/ تخزين الأغذية المجمدة/ صهر الأغذية المجمدة/ القيمة الغذائية للأغذية المجمدة/ التغيرات الطبيعية والكيميائية التي تحدث في الأغذية المجمدة - الخضار المجمدة - المراجع 127

الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالتجفيف

- مقدمة/ خطوات صناعة التجفيف/ التجفيف الشمسي/ التجفيف بالأنفاق/ التجفيف باستخدام السير العميق/ التجفيف بالرداذ/ التجفيف بالأسطوانات/ التجفيف بالتجميد/ التجفيف بطريقة الرغوة/ التجفيف تحت تفريغ/ التغيرات التي تحدث في الأغذية أثناء التجفيف/ تعبئة وتخزين الأغذية المجففة/ تجفيف العنب وإنتاج الزبيب/ لفائف الشمس المجفف «قمر الدين»/ البصل المجفف/ حسابات الكبرية والتجفيف/ المراجع 159

الفصل السادس

الحفظ باستخدام درجات الحرارة العالية

- مقدمة/ مستويات المعاملة الحرارية المستخدمة مع الأغذية/ التعبئة في العلب الصفائح/ إضافة محلول التعبئة/ إجراء عملية التسخين الابتدائي/ عملية القفل المزدوج/ المعاملة الحرارية/ التبريد المفاجئ/ التخزين للاختبار/ الإعداد للتسويق/ التعليب المنزلي/ أمثلة لبعض المواد الغذائية المعلبة/ فساد المواد الغذائية المعلبة/ المراجع 199

الموضوع الصفحة

الفصل السابع

الحفظ باستخدام المواد الكيميائية

مقدمة/ حمض البنزويك/ حمض البروبيونيك وحمض السوربيك/ ثاني أكسيد الكبريت/ المضادات الحيوية/ مضادات الأكسدة/ النترات والنيترت/ مواد التبخير/ مواد ذات استخدامات خاصة/ المراجع	239
--	-----

الفصل الثامن

حفظ الأغذية بالإشعاع

الأشعة الإلكترونية ذات الطاقة العالية/ الأشعة الكهرومغناطيسية/ تأثير المعاملة بالإشعاع على المادة الغذائية/ العوامل المحددة لجرعة الإشعاع المستخدمة/ مستقبل المعاملة بالإشعاع في حفظ الأغذية/ المراجع	255
---	-----

الفصل التاسع

المضافات الغذائية

تعريف المواد المضافة/ تحديد هوية المواد المضافة/ التقييم الحيوي للمواد المضافة، الأسس العامة لاستخدام الإضافات الغذائية/ المواد المضافة ما بين السماح باستخدامها أو المنع/ مصادر الإضافات الغذائية/ أقسام المواد المضافة/ تصنيف المواد المضافة/ قوائم الاستخدام/ تسمية المواد المضافة/ طرق الإضافة/ مخاليط المواد المضافة/ الاستفادة القصوى من المضافات الغذائية/ منع استخدام بعض المواد المضافة/ المواد المضافة التغذوية/ أسباب ومبررات تدعيم الأغذية/ ما يجب مراعاته عند إجراء تدعيم المنتجات الغذائية/ أهم المشاكل المتعلقة بمجال التدعيم الغذائي/ المواد المضافة غير المقصودة	269
المراجع	306
ملحق رقم (١)	308

مقدمة عن التصنيع الغذائي

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي salamalhelali@yahoo.com

مقدمة عن التصنيع الغذائي

تهدف عمليات حفظ وتصنيع الأغذية إلى تحقيق العديد من الأهداف أهمها:

1- الاستفادة من فائض الإنتاج في موسم معين من خلال حفظ هذا الفائض سواء على صورته الأصلية أو في صورة أخرى مصنعة وبالتالي إمكانية تواجد المنتج بصفة مستمرة على مدار العام.

2- زيادة فترة صلاحية الغذاء للاستهلاك عن طريق حفظه بطرق الحفظ المختلفة التي يمكن من خلالها إيقاف أو تقليل معدل حدوث الأنشطة الميكروبية أو الأنزيمية المفسدة للغذاء وكذلك بالنسبة للتفاعلات الكيميائية وبالتالي زيادة الفترة الزمنية المتاحة لعمليات التوزيع والبيع والتخزين.

3- تغيير شكل بعض الأغذية مما يؤدي إلى إمكانية إجراء عمليات تصنيعية أخرى كما في حالة طحن الحبوب وتحويلها إلى دقيق وبالتالي إنتاج منتجات المخازن المختلفة كما أن بعض الخامات لا يمكن استهلاكها إلا بعد تصنيعها مثل الزيتون المخلل كذلك هناك بعض المنتجات لا يمكن الحصول عليها إلا من خلال عمليات التصنيع الغذائي مثل السكر من القصب أو البنجر وكذلك الزيوت المختلفة من البذور الزيتية.

4- تحسين الجودة الغذائية بما يسمح بإمداد الإنسان بالعناصر الغذائية اللازمة للمحافظة على صحته.

5- تحسين خصائص الجودة الحسية من خلال الإمداد بمركبات النكهة والألوان والمركبات المحسنة للقيوم الأمر الذي يؤدي إلى تنوع الوجبات وزيادة جاذبيتها.

6- خلق فرص عمل ومجالات استثمار مربحة خاصة وأن مجال التصنيع الغذائي يعتبر الأمثل بالنسبة للمشروعات الصغيرة التي يمكن للشباب والخريجين الاستثمار فيها بمساندة الدولة والأجهزة المعنية الأمر الذي يمثل حلاً لجزء كبير من مشكلة البطالة.

وَجدير بالذكر أن أهمية كل هدف من الأهداف السابقة تزداد أو تقل حسب نوع المنتج المراد الحصول عليه وقد تزيد هذه الأهداف مع منتج معين أو تقل مع منتج آخر.

ونظراً للزيادة المطردة في عدد السكان على مستوى العالم مع التباين الكبير بين دول العالم من حيث وفرة الأراضي الصالحة للزراعة ووفرة المياه اللازمة للرى وتوافر الإمكانيات والآلات والمعدات اللازمة للإنتاج والتصنيع وكذلك التنوع في أذواق الشعوب ورغباتهم وعاداتهم الغذائية فإن التصنيع الغذائي يعتبر هو الحل الأمثل للاستفادة من فائض الإنتاج في مكان معين لسد النقص في مكان آخر حيث يلزم حفظه بالطريقة المناسبة التي تكفل احتفاظه بخصائصه وجودته بقدر الإمكان طوال فترة نقله وتداوله وتخزينه وحتى وقت استهلاكه بالإضافة إلى ذلك فإن أهمية التصنيع الغذائي تبرز إلى درجة كبيرة في حالة الحروب وحدوث المجاعات وتعرض مناطق معينة للكوارث حيث يصبح إمداد هذه الأماكن بالأغذية المحفوظة خاصة المعلبة والمجففة هو الحل الأمثل في مثل هذه الحالات وجدير بالذكر أن الحروب كانت الدافع الأول لابتكار طريقة الحفظ بالتعليب حيث أعلنت الحكومة الفرنسية في أواخر القرن السابع عشر عن جائزة مالية كبيرة للذي يتمكن من ابتكار طريقة لحفظ الأغذية حتى يمكن تغذية الجنود أثناء الحرب في الأماكن البعيدة عن مناطق إنتاج المواد الغذائية ونال هذه الجائزة صانع فني يدعى Nicolas Appert حيث تمكن من حفظ الأغذية عن طريق معاملتها بالحرارة في أوعية زجاجية محكمة القفل وقد استغل قيمة هذه الجائزة وقدرها 12 ألف فرنك في إنشاء أول مصنع لتعبئة وحفظ الأغذية في الأواني المقفلة المعاملة بالحرارة وتطور الأمر بعد ذلك وانتقل إلى العديد من الدول. هذا وقد تعددت طرق الحفظ للأغذية وكذلك طرق تصنيعها مع التقدم المستمر في مجالات البحث العلمي والتكنولوجيا وأصبح الغذاء الواحد الآن يمكن تداوله في عدة صور فالخضروات والفواكه نجدها الآن في صورة مجففة أو مجمدة أو معلبة وفي صورة عصائر أو شراب أو مركزات وهكذا في اللحوم والأسماك ومنتجات الخبز... إلخ وقد أدى التقدم الكبير والهائل في مجال التصنيع الغذائي إلى الحصول على منتجات قد تتفوق في جودتها على الأغذية المصنعة منها وأصبح من السهل جداً تحضير الكثير من أنواع الأغذية المحفوظة في المنزل ولا تخفى أهمية ذلك بالنسبة للمرأة العاملة أو الأشخاص غير المتزوجين وهكذا نرى أن التصنيع الغذائي يحقق أيضاً أهدافاً اجتماعية بالإضافة إلى ما سبق ذكره.

ومع هذا الانتشار الكبير للغذاء المصنع واختلاف وتعدد طرق الحفظ والتصنيع فقد استلزم الأمر وجود رقابة صارمة وتشريعات وقوانين محلية ودولية ومواصفات قياسية محلية

ودولية أيضاً تنظم تداول الغذاء على المستوى المحلى وكذلك بين الدول وبعضها لضمان وصوله للمستهلك على أعلى درجة ممكنة من الجودة وكذلك ضمان سلامته من الناحية الصحية.

ومن خلال هذه الموسوعة المتعلقة بالتصنيع الغذائي نحاول جاهدين أن نقدم للقارئ العزيز فكرة مبسطة عن الصناعات الغذائية المختلفة ونرجو من الله العلى القدير أن يوفقنا فى إعداد أجزائها المختلفة كما نرجو أن يحوز هذا الجهد المتواضع رضا القراء الأعزاء.



مقدمة الجزء الأول

يحتوي الجزء الأول من موسوعة التصنيع الغذائي على عدة موضوعات تتناول كيفية تحضير المحاليل الملحية والسكرية وطرق قياسها نظراً لمالها من استخدام واسع في مجال التصنيع الغذائي وكذلك العوامل المسببة لفساد الأغذية وكيفية حدوث الفساد بأنواعه المختلفة والظروف التي تساعد على حدوثه والتي من خلال معرفتها يمكن استخدام الطرق المختلفة التي تساعد في منع أو إبطاء حدوث الفساد مثل استخدام درجات الحرارة المنخفضة (التبريد والتجميد) أو استخدام درجات الحرارة العالية (التجفيف والتعقيم) بالإضافة إلى استخدام المواد الكيميائية واستخدام الإشعاع كذلك تناولنا في هذا الجزء موضوع المواد المضافة للأغذية ومصادرها وأهميتها وأقسامها والدور الذي تقوم به في مجال التصنيع الغذائي.

ندعو الله العليّ القدير أن يعلمنا ما ينفعنا وأن ينفعنا بما تعلمناه وهو وحده ولى التوفيق.



الفصل الأول

قياس تركيز المحاليل وتحضيرها

الدكتور سعد أحمد حلابو

قياس تركيز المحاليل وتحضيرها

تمثل المحاليل سواء كانت محاليل سكرية أو ملحية أو حامضية أو قلوية أو كحولية ركناً أساسياً في مجال الصناعات الغذائية وذلك لتعدد استعمالاتها وفيما يلي أمثله لبعض استعمالات هذه المحاليل في بعض الصناعات الغذائية:

- 1- في صناعة الشراب والجيلي والمرملاد والمربى والمياه الغازية.
- 2- في صناعة التخليل حيث تستخدم المحاليل الملحية بتركيزات مختلفة وكذلك لتجهيز المخللات وفيها تستخدم المحاليل الملحية وأحياناً السكرية.
- 3- في صناعة الكحول حيث تخضر محاليل سكرية بتركيزات معينة تناسب نمو الخمائر التي تقوم بتخمير السكر وتحويله إلى كحول.
- 4- في صناعة الخل حيث تخضر محاليل كحولية بتركيزات معينة تناسب نمو البكتريا التي تقوم بأكسدة الكحول وتحويله إلى حامض خليك.
- 5- في صناعة التعليب وفيها تستعمل المحاليل في عمليات الغسيل - التقشير - التعبئة إلخ.
- 6- في صناعة التجفيف حيث تستعمل المحاليل في عمليات الغسيل - التقشير - الكبرتة... إلخ.

مما سبق تتضح أهمية المحاليل في الصناعات الغذائية وسنقوم في هذا المجال بدراسة عن المحاليل السكرية والملحية والكحولية من ناحية تحضيرها وطرق قياسها.

وتتكون المحاليل المستخدمة في الصناعات الغذائية من مذاب (مادة صلبة) قد تكون سكر أو ملح طعام أو قلوي.. إلخ مذابة في مذيب (وسط سائل) وهو الماء.. وبذلك يمكن تعريف المحلول بأنه عبارة عن المحلول المتجانس الناتج عن إذابة مادة صلبة (تعرف بالمذاب أو الذائب) في سائل هو الماء (يعرف بالمذيب) وله طعم المادة المذابة به.

ويمكن تعريف ظاهرة الذوبان بأنها ظاهرة تلاشي جزيئات المادة الذائبة بين جزيئات المادة المذيبة بحيث يصبح المحلول متجانس.

ويلاحظ أنه كلما زادت نسبة المواد الصلبة المذابة في الماء قل معدل الإذابة إلى أن تقف عملية الذوبان تماماً عند درجة معينة من التركيز تعرف بدرجة التشبع وذلك على درجة حرارة الجو المحيط إلا أنه يمكن زيادة عملية الإذابة عن درجة التشبع هذه عن طريق رفع درجة حرارة المحلول المشبع (حتى درجة الغليان كحد أقصى) ويصبح المحلول في هذه الحالة فوق مشبع ولكن عند رجوعه إلى درجة حرارته الأولى التي كان عليها فإنه يترد الكمية المذابة الزائدة والتي ترسب بدورها على هيئة بللورات.

أهمية قياس تركيز المحاليل:

يعتبر قياس تركيز المحاليل السكرية والمحاليل الملحية المستعملة في عمليات التصنيع الغذائي أولى الخطوات التي يجب أن يعنى بها وذلك لأهميتها الكبيرة فعلى سبيل المثال:

- 1- نجد أن المصانع تستهلك كميات كبيرة من السكر وحدث أي خطأ في القياس مقداره 1٪ في تركيز السكر لمصنع يستهلك 100 طن سكر شهرياً يسبب خسارة تصل إلى 1000 كيلو جرام سكر شهرياً. ويعتبر زيادة في التكلفة للمنتجات المصنعة.
- 2- الخطأ في القياس يؤدي إلى استخدام محاليل بتركيزات أقل من التركيز الحافظ المفروض استعماله مما يؤدي إلى فساد المنتجات المصنعة باستخدام هذه المحاليل.
- 3- كذلك نجد أن الخطأ في القياس يؤدي إلى أن يصبح المنتج مخالفاً للمواصفات القياسية والقوانين الغذائية وبالتالي التعرض إلى العقوبات الخاصة بذلك بالإضافة إلى انخفاض في درجة جودة المنتجات المصنعة.

الأساس الذي تقوم عليه طرق التقدير المختلفة:

تعتمد طرق تقدير أو معرفة تركيز المحاليل المختلفة على أساسين:

- 1- تقدير كثافة المحاليل ويرجع ذلك لوجود علاقة بين كثافة محلول معين وتركيزه. فكثافة المحاليل السكرية أو الملحية تتناسب تناسب طردي مع تركيزها أما في حالة المحاليل الكحولية فإن الكثافة تتناسب تناسب عكسي مع تركيزها.

2- قياس معامل انكسار الضوء.

أولاً: الطرق المعتمدة على الكثافة:

قبل الكلام عن الطرق المستخدمة سنذكر كلمة مبسطة عن الكثافة والعلاقة بينها وبين الوزن النوعي. حيث يعبر عن الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجم وتميز بالجرام/سم³ تبعاً للنظام المترى أو رطل/قدم³ تبعاً للنظام الإنجليزي.

$$\text{أي أن الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

ونجد أن كثافة الماء = 1 جرام/سم³ علي درجة حرارة 4م وأن كثافة السكروز النقي = 1.585 جرام/سم³ علي درجة حرارة 25م وكثافة كلوريد الصوديوم النقي = 2.165 جرام/سم³ علي درجة حرارة 25م.

وحيث من الصعب تقدير الكثافة خاصة في حالة المواد الصلبة والغازية لذلك يفضل الاستعاضة عنها بتقدير الوزن النوعي وهو عبارة عن النسبة بين وزن حجم معين من المادة إلي وزن نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة محددة مع مراعاة ذكر درجة الحرارة التي يتم عندها تقدير الوزن النوعي حيث أن اختلاف درجات الحرارة يؤدي إلي اختلاف في الوزن النوعي للمادة.

العلاقة ما بين الوزن النوعي والكثافة:

الوزن النوعي عبارة عن وزن حجم معين من المادة منسوباً إلي وزن نفس الحجم من الماء علي درجة حرارة 4م أو أي درجة حرارة أخرى.

$$\begin{aligned} \text{الوزن النوعي} &= \frac{\text{وزن حجم معين من المادة}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء علي درجة حرارة 4م}} \\ &= \frac{\text{حجم المادة} \times \text{كثافة المادة}}{\text{حجم الماء} \times \text{كثافة الماء}} \\ &= \frac{1 \times 1 \text{ ح}}{2 \times 1 \text{ ح}} \end{aligned}$$

وحيث أن الحجمين متساويين

$$\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}} = \text{إذن الوزن النوعي}$$

وحيث أن كثافة الماء = 1 على درجة حرارة 4 م .

إذن الوزن النوعي للمادة = كثافة المادة على درجة حرارة 4 م .

وقد وضعت جداول تبين العلاقة ما بين تركيزات المحاليل وكثافتها أو الوزن النوعي لها عند درجات الحرارة المختلفة. لذلك عند استخدامها يلزم تعديل القراءة تبعاً لاختلاف درجة حرارة الجو المحيط عن تلك المحددة في الجدول.

١- قنينة الكثافة: Pycnometer

حيث تستخدم لتقدير كثافة المحلول وذلك عن طريق وزن حجم معين من السائل المراد معرفة كثافته ووزن حجم مماثل من الماء باستخدام قنينة ثابتة الحجم وذلك على درجة حرارة ثابتة.

وصف القنينة:

عبارة عن وعاء زجاجي ذو أحجام مختلفة 5سم³، 10سم³، 50سم³... إلخ ولها غطاء به ثقب يسمح بمرور السائل الزائد عند ملء القنينة تماماً وقفلها. وتوجد أنواع ذات غطاء مزود بترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول مباشرة. ويوضح شكل (1) بعض الأنواع المستخدمة من قنينة الكثافة.

ويراعى عند تقدير الكثافة باستخدام هذه الطريقة ترك القنينة على درجة حرارة المعمل حتى تتساوى درجة حرارتها بمحتوياتها مع درجة حرارته.

ويمكن تلخيص خطوات العمل بها كما يلي:

1- وزن القنينة وهي فارغة ونظيفة وجافة (أ).

2- ملء القنينة بالماء المقطر مع عدم ترك أي فقاعات هوائية ثم يوضع الغطاء وتجنّف من الخارج وتوزن (ب).

3- تفرغ القنينة وتغسل بالسائل أو المحلول المراد معرفة وزنه النوعي عدة مرات ثم تملأ بهذا السائل أو المحلول وتوزن (ج).

4- يحسب الوزن النوعي كمايلي:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن حجم معين من المحلول على درجة حرارة ثابتة}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء}}$$
$$\text{إذن الوزن النوعي} = \frac{\text{(ج - أ) على درجة حرارة ثابتة}}{\text{(ب - أ)}}$$



قنينة كثافة مزودة بالترمومتر
وبها ذراع جانبي



قنينة كثافة ذات
غطاء مشتب



قنينة كثافة ذات غطاء
خارجي لمنع التبخير

شكل (1) أنواع مختلفة من قنينة الكثافة

مثال:

في تجربة لإيجاد الوزن النوعي لمحلول سكري كان وزن القنينة فارغة هو 27.9671 جرام ووزنها بالماء المقطر هو 78.2210 جرام ووزنها بالمحلول السكري هو 82.2351 جرام على نفس درجة الحرارة. احسب الوزن النوعي للمحلول السكري.

الحل:

$$\begin{aligned} \text{وزن المحلول السكري} &= 82.2351 - 27.9671 = 54.2680 \text{ جرام} . \\ \text{وزن الماء المقطر} &= 78.2210 - 27.9671 = 50.2539 \text{ جرام} . \\ \text{الوزن النوعي} &= \frac{54.2680}{50.2539} = 1.0798 \text{ على درجة حرارة معينة} \end{aligned}$$

ب- ميزان وستيفال: Westphal balance

يعتمد عمل ميزان وستيفال على طريقة الإحلال وهي مبنية على قاعدة أرشميدس التي تقول: «إذا غمر جسم في سائل فإنه يلقي دفعاً من أسفل إلى أعلى بقوة تساوي وزن السائل المزاح». أي أن:

$$\text{قوة الدفع من أسفل إلى أعلى} = \text{وزن السائل المزاح}$$

$$= \text{حجم السائل المزاح} \times \text{كثافته}$$

وعلى هذا الأساس إذا أمكن قياس حجم السائل المزاح وقوة الدفع يمكن معرفة الكثافة. ومن المعلوم أن حجم السائل المزاح يساوي حجم الجسم المغمور. فإذا كان حجم الجسم المغمور 5سم³ يكون حجم السائل المزاح 5سم³ أيضاً وإذا كان حجم الجسم المغمور 10سم³ يكون حجم السائل المزاح 10سم³ - وهكذا. ولتعيين قوة الدفع من أسفل إلى أعلى يعتمد ذلك على قانون الروافع الذي ينص على أن:

$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

تركيب الجهاز:

يوضح شكل (2) تركيب الجهاز وهو يتكون من:

- 1- حامل معدني مزود بمسامير محواه للضبط الأفقي.
- 2- عائق أحد طرفيه مقسم إلى عشرة أقسام ويتحرك على منشور من العقيق مثبت في الطرف العلوي للحامل وينتهي هذا الطرف بحلقة يعلق بها غاطس زجاجي ذو حجم معين وهو عادة 5سم³ وبه ترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول.
- 3- الطرف الآخر من العائق غير مدرج وبه مؤشر يتحرك أمام مؤشر آخر ثابت وعندما يكون المؤشران على خط واحد يكون الجهاز في حالة اتزان.
- 4- خمسة رواكب من المعدن الراكب الأول والثاني وزن كل منهما 5 جرام والراكب الثالث وزنه 0.5 جرام والراكب الرابع وزنه 0.05 جرام أما الراكب الخامس فوزنه 0.005 جرام.
- 5- مخبر يوضع به المحلول المراد تعيين وزنه النوعي أو كثافته. وعلي أساس أن الميزان رافعة من النوع الثاني فالقوة فيها عبارة عن الأوزان أو الرواكب التي تعادل هذه القوة وعلي هذا يمكن استخدام قانون الروافع.

$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$\text{قوة الدفع من أسفل لأعلى} \times \text{الذراع} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$\text{وزن السائل المزاح} \times \text{الذراع} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$\text{حجم السائل المزاح} \times \text{كثافته} \times \text{الذراع} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

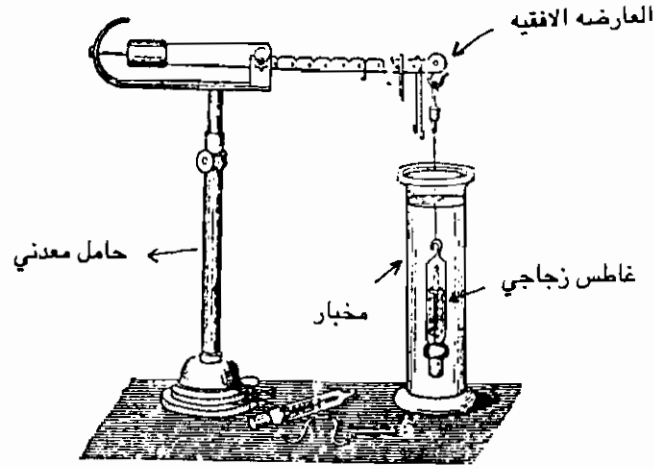
وحيث أن:

$$1 - \text{حجم الغاطس} = 5 \text{ سم}^3 \text{ وبالتالي فعند غمره يزيح } 5 \text{ سم}^3 \text{ من المحلول.}$$

$$2 - \text{وطول الذراع} = 10 \text{ سم.}$$

$$3 - \text{وأن المقاومة تمثل أوزان الرواكب المستعملة.}$$

$$50 \times \text{ت} = 1 \text{ ع} \times 1 \text{ م} + 2 \text{ ع} \times 2 \text{ م} + \dots + \text{ن} \times \text{ع} \times \text{ن}$$



شكل (2) ميزان وستيفال

طريقة العمل:

يمكن ذكر خطوات العمل في النقاط الآتية:

- 1- توضع العارضة أفقياً في حالة اتزان وذلك بمساعدة المؤشرين الخاصين لذلك.
- 2- يملأ المخبر بحجم مناسب من المحلول المختبر مع التأكد من خلو المحلول من أي مواد عالقة.
- 3- يعلق الغاطس في طرف العارضة بحيث ينغمر تماماً في المحلول المختبر وتسجل درجة حرارة المحلول. ومن الطبيعي أن نجد الإثزان الأفقي للعارضة يختل نظراً للقوة التي يدفع بها الغاطس من أسفل إلى أعلى. ويجب التأكد من حرية حركة الميزان.
- 4- تستخدم الرواكب المعدنية وتوضع كلها أو عدد منها حتى تعود العارضة إلى حالة الإثزان.

مثال:

أحسب كثافة المحلول باستخدام ميزان وستيفال إذا كان وضع الرواكب عند الإثزان كما يلي:

- الراكب الأول على التدرج العاشر.
- الراكب الثاني لم يستعمل.
- الراكب الثالث على التدرج الخامس.

الراكب الرابع على التدريج الثاني .

الراكب الخامس على التدريج الأول .

الحل:

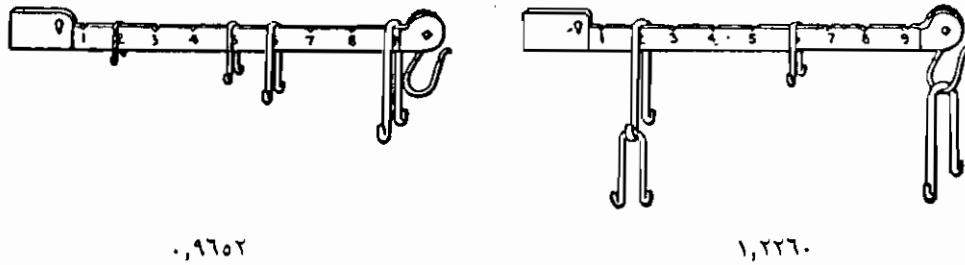
$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$1 \times 0.005 + 2 \times 0.05 + 5 \times 0.5 + 5 \times 5 + 10 \times 5 = 10 \times \text{ث} \times 5$$

$$52.605 = 50 \text{ ث}$$

$$\text{ث} = \frac{52.605}{50} = 1.0521 \text{ جرام/سم}^3$$

كما يمكن إيجاد كثافة المحلول مباشرة دون إجراء العمليات الحسابية السابقة حيث يمكن استنتاج قيمة الكثافة من مواقع الرواكب شكل (3) .. يمكن توضيح ذلك بالنسبة للمثال السابق كمايلي:



شكل (3) قراءات الكثافة باستخدام ميزان وستيفال

الراكب الأول ووزنه 5 جرام عند التدريج العاشر يدل على الرقم الصحيح الأول .

الراكب الثاني ووزنه 5 جرام لم يستعمل يدل على الرقم العشري الأول .

الراكب الثالث ووزنه 0.5 جرام عند التدريج الخامس يدل على الرقم العشري الثاني .

الراكب الرابع ووزنه 0.05 جرام عند التدريج الثاني يدل على الرقم العشري الثالث .

الراكب الخامس ووزنه 0.005 جرام عند التدريج الأول يدل على الرقم العشري الرابع .

وبالتالي فتكون قيمة الكثافة = 1.0521 جرام/سم³

وللحصول على قيمة الكثافة بهذه الطريقة لابد أن يتبع الآتي في وضع الرواكب.
الراكب الأول لا يستعمل إلا علي التدرج العاشر أما بقية الرواكب (الثاني حتى الخامس) فتستعمل في أي موضع من التدرج الأول حتى التدرج التاسع.
ومن معرفة قيمة الكثافة للمحلول يمكن الحصول على تركيزه باستخدام الجداول الخاصة بذلك.

ج- الايدروميترات Hydrometers :

بني عمل الايدروميترات على أساس قانون الطفو وهو أنه إذا طفا جسم فوق سطح سائل فإن وزن الجسم يساوي وزن السائل الذي يزيحه الجزء المغمور من هذا الجسم في السائل.
أي أن وزن الجسم = وزن السائل المزاح = حجم السائل المزاح × كثافته
وعلي ذلك إذا طفا الجسم في سائلين مختلفين في الكثافة وكان الحجم المزاح = ح فإن:

$$ح1 \times 1ث = ح2 \times 2ث$$

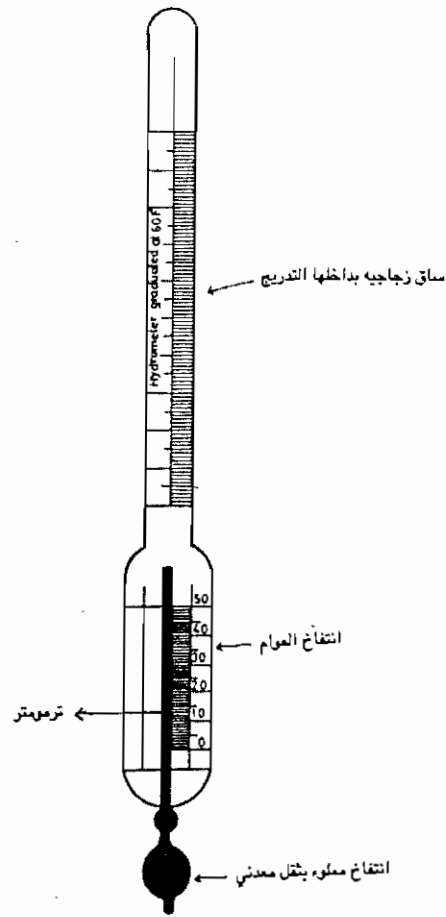
$$أو \frac{2ث}{ح1} = \frac{1ث}{ح2}$$

أي أن الحجم المزاح للسوائل المختلفة تتناسب مع كثافة هذه السوائل ونظراً لأن الجسم ثابت فإن الحجم المزاح تتناسب مع العمق الذي ينغمر في السائل.
وعلي هذا فإذا غمر هذا الجسم في سائلين مختلفي الكثافة فإن مقدار ما ينغمر من الجسم في كل منهما يختلف باختلاف كثافة السائل ونظراً لأن كثافة المحاليل السكرية والملحية تتناسب تناسباً طردياً مع تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية فإنه كلما زادت كثافة السائل كلما كان الجزء المغمور من الايدروميتر أقل والعكس صحيح وتساوي كثافة السائلين يعني تساوي الجزء المغمور.

تركيب الايدروميتر:

يوضح شكل (4) تركيب الايدروميتر وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية طويلة ملتحمة من الطرف العلوي الذي يحتوي بداخله علي ورقة بها تدرج يبدأ من أعلى إلى أسفل (في حالة

المحاليل السكرية والملحية) ومن أسفل إلى أعلى (في حالة المحاليل الكحولية) ويكتب على الورقة درجة حرارة التدريج. وتنتهي الأنبوبة من أسفل بانتفاخين العلوي منها يعرف بانتفاخ العوام (مملوء هواء) للمساعدة على طفو الايدروميتر والسفلي بنهايته ثقل من كرات الرصاص أو الزئبق أو أي مادة معدنية أخرى ويعرف بانتفاخ الثقل لمساعدة الايدروميتر على أن يأخذ وضعاً رأسياً في المحلول المستعمل. ويحتوي الايدروميتر بداخله على ترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول أثناء عملية القياس.



شكل (4) تركيب الايدروميتر

كيفية تدريج الايدروميترات:

يتم تدريج الايدروميتر باتباع الخطوات الآتية:

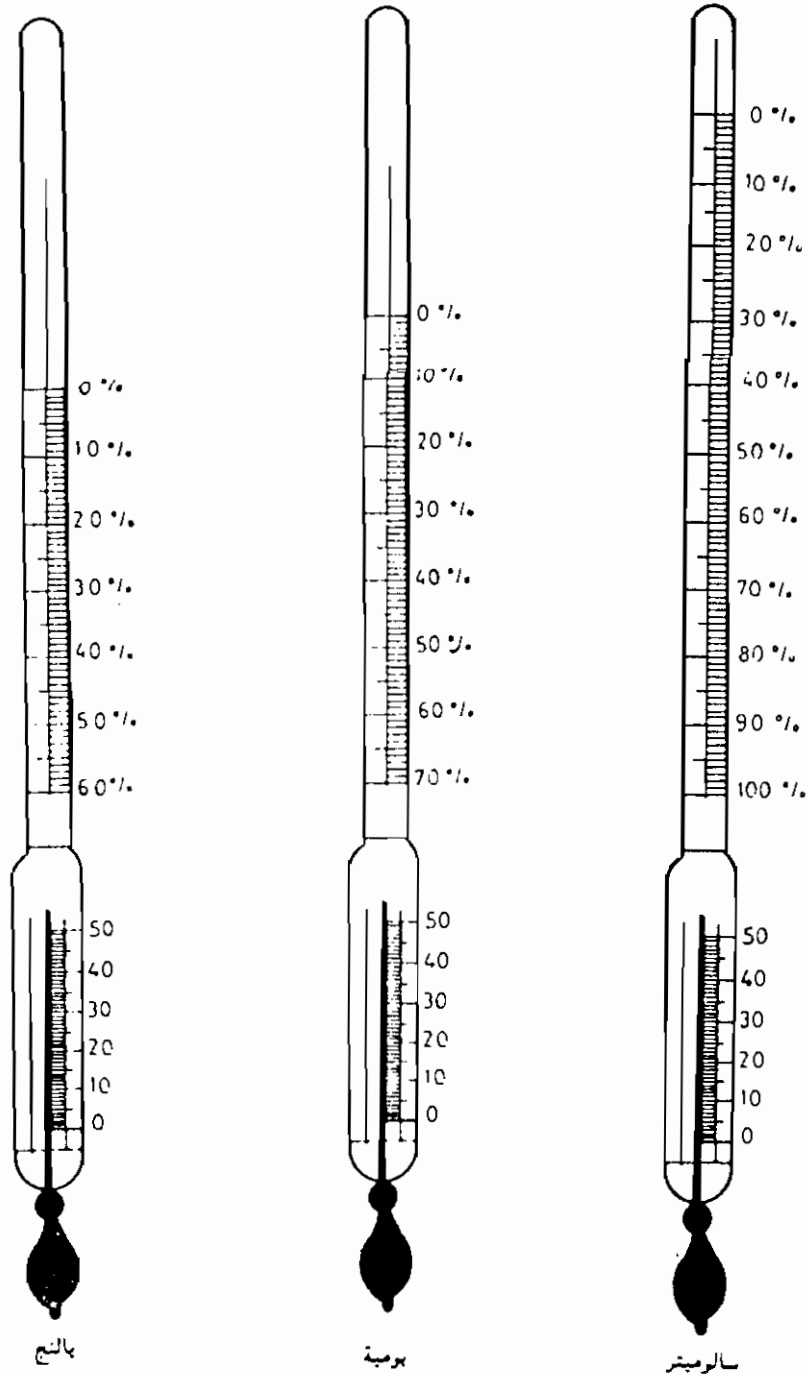
- 1- يغمر الايدروميتر في مخبر بعد ملئه بالماء المقطر ويترك حر الحركة وعندما يثبت الايدروميتر عن الحركة تعمل علامة الصفر على الساق الزجاجية.
- 2- يحضر محلول بتركيز معلوم وليكن 5% بالضبط ويكرر غمر الايدروميتر داخله وعندما يثبت الايدروميتر عن الحركة تعمل علامة أخرى على الساق الزجاجية.
- 3- يكرر العمل السابق (خطوة 1) مع محلول 10%، 15%، 20% وهكذا حتى آخر تدريج مطلوب.
- 4- تقسم المسافة بين كل علامة وما يليها إلى خمسة أقسام متساوية.
- 5- تدون درجة الحرارة أثناء عملية التدريج على ساق الايدروميتر.

أنواع الايدروميترات:

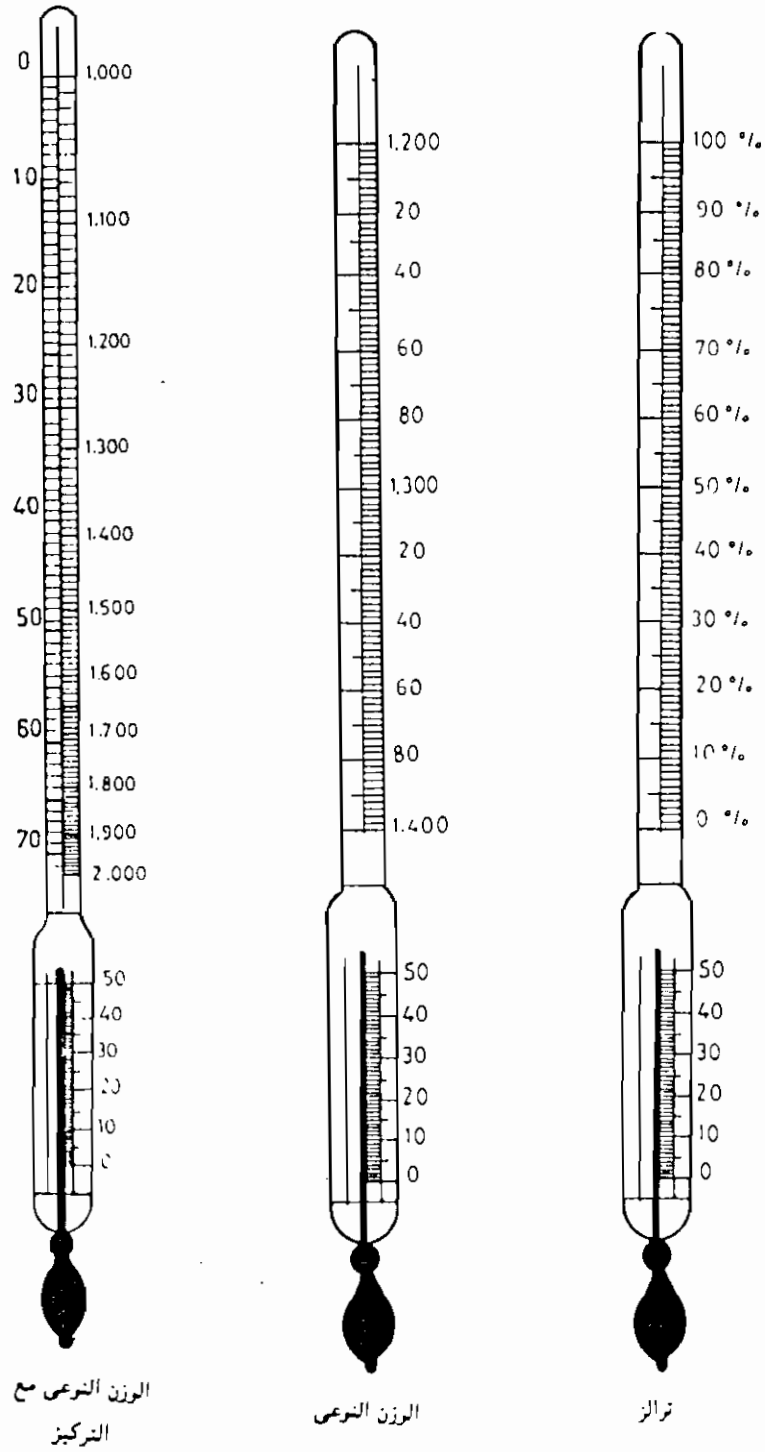
هناك أنواع عديدة من الايدروميترات تختلف على حسب الغرض الذي تستخدم من أجله ويوضح شكل (5) أهم الأنواع وهي:

- 1- ايدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل السكرية وتعرف باسم البالنج أو البركس.
- 2- أيدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل الملحية وتعرف باسم البومييه.
- 3- أيدروميترات لقياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية وتعرف باسم السالوميتر أو السالونيميتر.
- 4- أيدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل الكحولية وتعرف باسم ترالز.
- 5- أيدروميترات لقياس الوزن النوعي وتنقسم إلى:
 - أ- أيدروميترات تعطي الوزن النوعي للمحاليل التي كثافتها أكبر من الواحد الصحيح مثل المحاليل السكرية والملحية.
 - ب- أيدروميترات تعطي الوزن النوعي للمحاليل التي كثافتها أقل من الواحد الصحيح مثل المحاليل الكحولية والزيت.

ومن معرفة الوزن النوعي يمكن معرفة ما يقابلها من درجات التركيز المئوية من الجداول الخاصة بذلك (جدول 1) فمثلاً نجد أن الوزن النوعي لمحلول 10% سكر ومحلول آخر 10% ملح على درجة حرارة 20م هو 1.03998 ، 1.07404 على التوالي. وبذلك يتضح أنه رغم تساوي تركيز كل من المحلولين (السكر والملح) إلا أن كثافة كل منهما مختلفة عن الآخر وعلي هذا فإن الأروميتر ينفجر في كل منهما إلى مسافة تتوقف على كثافة كل منهما. وفي هذا المثال نجد أن المحلول المحلى الذى تركيزه 10% كثافته أكبر من المحلول السكرى وبناء على ذلك نجد أن إنتمار الايدروميتر يكون أقل من المحلول الملحى عنه فى المحلول السكرى.



شكل (5) أنواع مختلفة من الأيدرومترات



تابع شكل (5) أنواع مختلفة من الأيدروميترات

جدول (1)

العلاقة بين قراءات ايدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعي لخاليل السكروز علي درجة حرارة 20°م

قراءة البومية	الوزن النوعي	قراءة البالنج أو % للسكروز بالوزن
.65	1.00389	1
1.12	1.00779	2
1.68	1.01172	3
2.24	1.01567	4
2.79	1.01965	5
3.35	1.02366	6
3.91	1.02770	7
4.46	1.03176	8
5.02	1.03586	9
5.57	1.03998	10
6.13	1.04413	11
6.68	1.04831	12
7.24	1.05252	13
7.79	1.05677	14
8.34	1.06104	15
8.89	1.06534	16
9.45	1.06968	17
10.00	1.07404	18
10.55	1.07844	19
11.10	1.08287	20
11.65	1.08733	21
12.20	1.09183	22
12.74	1.09636	23
13.29	1.10092	24
13.84	1.0551	25
14.39	1.11014	26
14.93	1.11480	27
15.48	1.11949	28
16.02	1.12422	29
16.57	1.12898	30
17.11	1.13378	31
17.65	1.13861	32
18.19	1.14347	33

تابع جدول (1)

العلاقة بين قراءات ايدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعي لخاليل السكرز علي درجة حرارة 20 م°

قراءة البومية	الوزن النوعي	قراءة البالنج أو % للسكرز بالوزن
18.73	1.14837	34
19.28	1.15331	35
19.81	1.15828	36
20.35	1.16329	37
20.89	1.16833	38
21.43	1.17341	39
21.97	1.17853	40
22.50	1.18368	41
23.04	1.18887	42
23.57	1.19410	43
24.10	1.19936	44
24.63	1.20467	45
25.17	1.21001	46
25.70	1.21538	47
26.23	1.22080	48
26.75	1.22625	49
27.28	1.23174	50
27.81	1.23727	51
28.33	1.24284	52
28.86	1.24844	53
29.38	1.25408	54
29.90	1.25976	55
30.42	1.26548	56
30.94	1.27123	57
31.46	1.27703	58
31.97	1.28286	59
32.49	1.28873	60
33.00	1.29464	61
33.51	1.30059	62
34.02	1.30657	63
34.53	1.31260	64
35.04	1.31866	65
35.55	1.32476	66
36.05	1.33090	67

تابع جدول (1)

العلاقة بين قراءات ايدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعي لخاليل السكروز علي درجة حرارة 20م°

قراءة البومية	الوزن النوعي	قراءة البالنج أو % للسكروز بالوزن
36.55	1.33708	68
37.06	1.34330	69
37.56	1.34956	70
38.06	1.35585	71
38.55	1.36218	72
39.05	1.36856	73
39.54	1.37496	74
40.03	1.38141	75
40.53	1.38790	76
41.01	1.39442	77
41.50	1.40098	78
41.99	1.40758	79
42.47	1.41421	80
42.95	1.42088	81
43.43	1.42759	82
43.91	1.43434	83
38.44	1.44112	84
44.86	1.44794	85
45.33	1.45480	86
45.80	1.46170	87
46.27	1.46862	88
46.73	1.47559	89
47.20	1.48259	90
47.66	1.48963	91
48.12	1.49671	92
48.58	1.50381	93
49.03	1.51096	94
49.49	1.51814	95
49.94	1.52535	96
50.39	1.53260	97
50.84	1.53988	98
51.28	1.54719	99
51.73	1.55454	100

6- أيدروميترات لقياس التركيز والوزن النوعي معاً ويطلق عليها ثرموهيدروميتر-Thermohy-drometer. وفيما يلي شرح مبسط لأهم الأيدروميترات المستخدمة في التصنيع الغذائي:

1- أيدروميترات قياس درجة تركيز المحاليل السكرية:

وتشمل أيدروميتر البالنج أو البركس Balling or Brix وهما مستخدمان في قياس درجة تركيز المحاليل السكرية مباشرة وتبين القراءة النسبة المئوية للسكر بالوزن بمعنى أن الدرجة الواحدة من تدرجه تمثل 1 جرام من السكروز النقي مذابة في 100 جرام محلول. وساقه مدرجة من أعلي إلى أسفل لأنه كلما زاد تركيز المحلول زادت تبعاً له الكثافة مما يؤدي إلى أن يطفو الأيدروميتر بمعدل أكبر وبالتالي تزداد قراءة الأيدروميتر. ويفضل عدم استخدامها في قياس محاليل سكرية يزيد تركيزها عن 40٪ لزيادة لزوجة المحاليل مما يؤدي إلى عدم انغماره فيها إلى الحد الحقيقي لذلك يجب أن تخفف هذه المحاليل ثم تستخدم الأيدروميترات في القياس وتضرب قيمة القراءة المتحصل عليها في معامل التخفيف للحصول على التركيز الحقيقي.

ويختلف أيدروميتر البالنج عن أيدروميتر البركس في أن الأول مدرج على درجة حرارة 17.5°م أما الثاني مدرج على درجة حرارة 60°ف.

من المعلوم أن الكثافة تتأثر بنسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية الموجودة في المحلول وعلى ذلك فإن استخدام الأيدروميتر في قياس تركيز السكر في عصائر الفاكهة أو الخضروات لا يدل على النسبة المئوية الصحيحة لأن درجة التركيز الناتجة تدل على درجة تركيز محلول سكري مكون من السكروز النقي والماء تتساوى كثافته مع كثافة العصير ولكنها لا تدل على درجة تركيز المواد السكرية الموجودة بالعصير على حده نظراً لاحتواء العصير إلى جانب المواد السكرية على أملاح ذائبة وأحماض عضوية كحمض الستريك وفيتامينات.... إلخ ونجد مثل هذه المواد تؤثر على كثافة المحلول ولزوجته وبالتالي على قراءة الأيدروميتر أي أن قراءة الأيدروميتر في هذه الحالة لا تمثل المواد السكرية فقط وإنما المواد الصلبة الذائبة السكرية وغير السكرية وعلى ذلك يجب طرح نسبة المواد الصلبة الذائبة غير السكرية من قراءة الأيدروميتر وعادة تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة غير السكرية في عصير الموالح إلى حوالي 2٪.

2- أيدروميترات قياس درجة تركيز المحاليل الملحية:

وهذه تشمل أيدروميتر البوميه Baume حيث يعطي النسبة المئوية مباشرة. ومدرج على درجة حرارة 60 ف° وتدرجه من أعلى إلى أسفل. وتعبّر كل درجة من البوميه عن 1 جرام من كلوريد الصوديوم النقي مذابه في 100 جرام محلول ملحي. وعلى الرغم من أن أقصى درجة تركيز يصل إليها المحلول الملحي هي 26.5٪ على درجة حرارة 25 م° وتزداد بالغليان إلى أن تصل 29٪. نجد أن أيدروميترات البوميه مدرجة من صفر إلى 70 بوميه حيث تستعمل في مصانع الزيوت والدهون وذلك لقياس درجة تركيز محاليل الصودا الكاوية أثناء إجراء عمليات المعادلة للأحماض الدهنية المنفردة من الزيت الخام.

ويمكن حساب قيمة الوزن النوعي من قراءة البوميه باستخدام المعادلة الآتية مع المحاليل التي كثافتها أكبر من 1 .

$$\frac{145}{\text{الوزن النوعي على درجة حرارة 60 ف°}} - 145 = \text{البوميه}$$

أما في حالة المحاليل التي كثافتها أقل من 1

$$\frac{140}{\text{الوزن النوعي على درجة حرارة 60 ف°}} - 130 = \text{البوميه}$$

3- أيدروميترات قياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية:

وهذه تشمل أيدروميتر السالوميتر أو السالونيميتر Salometer or Salinometer ويستخدم في قياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية وهو مدرج على درجة حرارة 60 ف° وساقه مدرجة من صفر إلى 100 ويدل صفر تدرجه على أن السائل المختبر هو الماء المقطر كما تدل قراءة 100 على أن السائل المختبر هو محلول ملحي مشبع.

بما أن درجة تركيز المحلول المشبع للملح هي 26.5٪ .

إذن 100 درجة سالوميتر = 26.5 درجة بوميه

العلاقة ما بين قراءتي أيدروميتر البوميه وأيدروميتر السالوميتر:

26.5 درجة بوميه = 100 درجة سالوميتر

1 درجة بوميه = \times

$$3.77 = \frac{1 \times 100}{26.5} = \times$$

إلا أنه تجاوزا نعتبر أن:

كل 1 درجة بوميه = 4 درجة سالوميتر

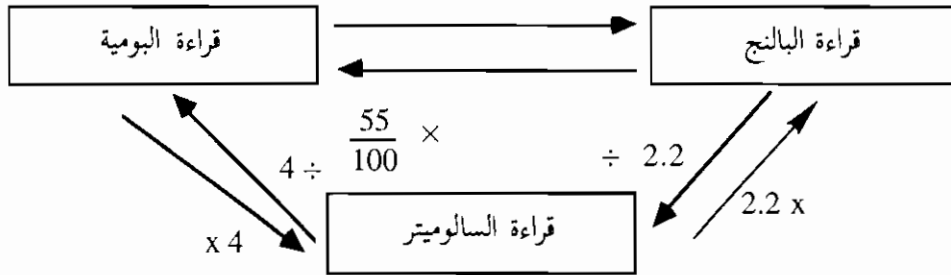
العلاقة ما بين قراءات أيدروميترات المحاليل السكرية والملحية:

يمكن معرفة تركيز المحاليل السكرية عن طريق استخدام أيدروميتر البوميه أو السالوميتر كما يمكن معرفة تركيز المحاليل الملحية باستخدام أيدروميتر البالنج وذلك باستخدام العلاقات بين قراءات الأيدروميترات التي تتلخص فيما يلي:

كل 1 درجة بالنج = 0.55 درجة بوميه = 2.2 درجة سالوميتر

كل 1 درجة بوميه = $55 / 100$ درجة بالنج = 4 درجة سالوميتر.

$$\times \frac{100}{55}$$



4- أيدروميترات قياس درجة تركيز المحاليل الكحولية:

وهذه تشمل أيدروميتر ترالز Tralz وتدل قراءته على عدد الأجزاء من الكحول المطلق الموجودة بالسائل الكحولي. ونظراً لأن كثافة المحاليل الكحولية تتناسب تناسباً عكسياً مع تركيزها أي كلما زاد تركيز المحلول الكحولي كلما قلت كثافته وعلى هذا فإن الأيدروميتر يزداد انغماره في المحاليل الكحولية كلما زاد تركيزها. لذلك يتم تدريج الأيدروميتر من أسفل إلى أعلى. وساقه مدرجة من صفر إلى 100 .

التصحيح الحراري:

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة على قراءة الايدروميتر حيث يتأثر الوزن النوعي للسوائل بدرجة حرارتها لذلك يجري التصحيح الحراري لقراءة الايدروميترات في حالة استخدامها في القياس على درجات حرارة غير المدرجة عليها، ويرجع ذلك إلى أنه في حالة القياس على درجة حرارة أعلى من الدرجة التي درج عليها (ارتفاع في درجة الحرارة) يؤدي هذا إلى زيادة الحجم وقلة الكثافة وبالتالي انخفاض في اللزوجة مما يؤدي إلى زيادة الجزء المغمور في الايدروميتر وانخفاض في قيمة القراءة عن القراءة الحقيقية، ومن هنا نرى أنه للحصول على القراءة الصحيحة لابد من إضافة قيمة التصحيح الحراري. أما في حالة القياس على درجة حرارة أقل من الدرجة التي درج عليها (انخفاض في درجة الحرارة). يؤدي هذا إلى نقص الحجم وزيادة الكثافة وبالتالي زيادة اللزوجة مما يؤدي إلى قلة الجزء المغمور من الأيدروميتر وبالتالي زيادة في قيمة القراءة عن القراءة الحقيقية. ومن هنا نرى أنه للحصول على القراءة الصحيحة لابد من طرح قيمة التصحيح الحراري.

كما تتأثر قيمة التصحيح الحراري باختلاف تركيز المحلول المقاس. لذلك وضعت جداول يمكن استخدامها لتحديد قيمة التصحيح الحراري أو التركيز الحقيقي للمحلول عند قياس تركيزه على درجات حرارة أعلى أو أقل من التي تم تدريج الايدروميترات عليها. يوضح هذا الكلام جدول (2) فمثلاً محلول سكري تركيزه 10% على درجة الحرارة القياسية (63 °ف) عند قياس تركيزه على درجة حرارة أخرى (90 °ف) نجد أن القراءة في هذه الحالة تنخفض إلى 9.02% لذلك لابد من إضافة قيمة التصحيح الحراري ومقدارها 0.98 للحصول على التركيز الحقيقي للمحلول. ولتوضيح تأثير اختلاف التركيز نجد أن المحلول السكري تركيزه 25% عند قياسه على نفس درجات الحرارة السابقة تكون قيمة التعديل الحراري له 1.08 .

جدول (2) التصحيح الحراري لخاليل السكروز

التركيز الحقيقي لخاليل السكروز بالبالنج										درجة الحرارة ف°
75	70	60	50	40	30	25	20	15	10	
قراءة البالنج على درجة حرارة القياس										
76.29	71.25	61.22	51.11	40.98	30.82	25.72	20.62	15.52	10.41	32
75.94	70.91	60.88	50.80	40.75	30.65	25.59	20.52	15.44	10.37	41
75.61	70.58	60.54	50.50	40.49	30.42	25.39	20.36	15.33	10.29	50
75.46	70.42	60.40	50.36	40.34	30.31	25.29	20.26	15.24	10.22	54
75.32	70.28	60.26	50.23	40.22	30.21	25.19	20.18	15.17	10.16	57
75.18	70.16	60.14	50.12	40.12	30.11	25.10	20.10	15.19	10.08	61
75.06	70.05	60.05	50.04	40.04	30.04	25.04	20.03	15.03	10.03	62
75.00	70.00	60.00	50.00	40.00	30.00	25.00	20.00	15.00	10.00	63
74.98	69.97	59.97	49.97	39.97	29.97	24.97	19.97	14.97	9.97	64
74.94	69.92	59.90	49.90	39.90	29.90	24.90	19.91	14.91	9.92	68
74.75	69.71	59.68	49.66	39.67	29.68	24.68	19.69	14.69	9.71	72
74.60	69.57	59.54	49.50	39.53	29.54	24.54	19.56	14.57	9.59	75
74.45	69.42	59.38	49.34	39.38	29.39	24.40	19.42	14.44	9.46	79
74.39	69.28	59.22	49.18	39.22	29.24	24.24	19.28	14.30	9.32	82
74.14	69.12	59.12	49.06	39.02	29.06	24.08	19.18	14.13	9.18	86

تابع جدول (2) التصحيح الحراري لخاليات السكروز

التركيز الحقيقي لخاليات السكروز بالبانج										درجة الحرارة ف°
75	70	60	50	40	30	25	20	15	10	
قراءة البانج علي درجة حرارة القياس										
74.02	68.97	58.90	48.86	38.90	28.92	23.92	18.97	13.91	9.02	90
73.83	68.81	58.74	48.70	38.72	28.86	23.76	18.79	13.84	8.86	93
73.67	68.65	58.58	48.53	38.54	28.59	23.59	18.62	13.67	8.68	97
73.51	68.49	58.40	48.35	38.36	28.41	23.41	18.45	13.49	8.51	100
73.35	68.31	58.22	48.17	38.18	28.21	23.21	18.27	13.29	8.33	104
73.19	68.15	58.04	47.99	38.00	28.01	23.01	18.07	13.11	8.14	108
73.11	68.07	57.95	47.90	37.90	27.91	22.91	17.97	13.01	8.04	110
73.03	67.98	57.86	47.81	37.80	27.81	22.81	17.87	12.99	7.94	112
72.77	67.80	57.68	47.61	37.60	27.61	22.61	17.66	12.70	7.73	115
72.76	67.71	57.59	47.51	37.50	27.51	22.51	17.55	12.59	7.62	117
72.75	67.62	57.50	47.41	37.40	27.41	22.41	17.46	12.48	7.51	119
72.58	67.53	57.40	47.31	37.30	27.31	22.31	17.33	12.37	7.40	121
72.49	67.44	57.30	47.21	37.20	27.20	22.20	17.22	12.26	7.29	122
72.40	67.35	57.20	47.11	37.09	27.10	22.10	17.11	12.16	7.19	124
72.31	67.26	57.10	47.01	36.98	26.99	21.99	17.00	12.06	7.08	126

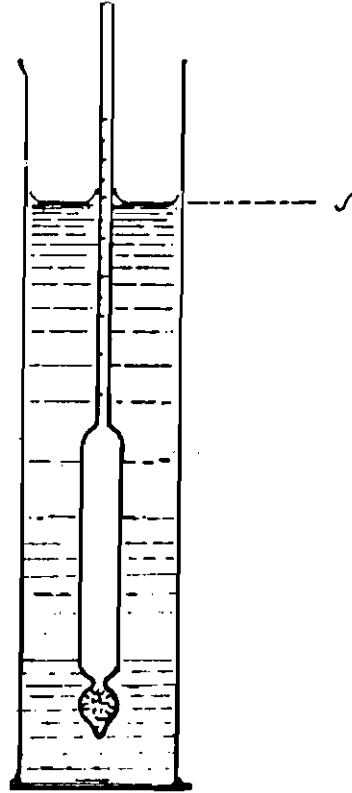
تابع جدول (2) التصحيح الحراري لمخاليل السكروز

التركيز الحقيقي لمخاليل السكروز بالنانج										درجة الحرارة ف °
75	70	60	50	40	30	25	20	15	10	
قراءة البانج على درجة حرارة القياس										
72.22	67.17	57.00	46.91	36.87	26.88	21.88	16.89	11.96	6.97	128
72.13	67.08	56.90	46.81	36.76	26.77	21.77	16.78	11.85	6.68	130
72.04	67.00	56.80	46.70	36.71	26.67	21.67	16.67	11.74	6.74	131
71.95	66.91	56.70	46.61	36.54	26.56	21.56	16.56	11.61	6.61	133
71.86	66.82	56.60	46.57	36.43	26.45	21.45	16.45	11.48	6.48	135
71.77	66.73	56.56	46.40	36.22	26.34	21.34	16.34	11.36	6.36	137
71.68	66.65	56.40	46.29	36.21	26.23	21.23	16.23	11.24	6.24	139
71.59	66.57	56.30	46.18	36.10	26.12	21.12	16.12	11.12	6.18	140
71.12	66.05	55.79	45.64	35.52	25.51	20.49	15.49	10.46	5.47	149
70.65	65.73	55.68	45.10	34.94	24.90	19.87	14.86	9.80	4.82	158
70.16	65.01	54.73	44.57	34.34	24.26	19.21	14.16	9.10	4.00	167
69.67	64.50	53.61	43.94	33.74	23.62	18.54	13.46	8.61	3.38	176
69.15	63.96	53.18	43.32	33.08	22.90	17.79	12.70	7.62	2.56	185
68.63	63.42	53.04	42.70	32.42	22.15	17.03	11.94	6.84	1.74	194
68.10	62.83	52.41	42.03	31.65	21.39	16.23	11.11	5.98	0.86	203
67.58	62.24	51.78	41.36	30.97	20.61	15.46	10.28	5.13	0.01	212

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الأيدروميترات في قياس تركيز المحاليل أو الوزن النوعي لها:

يمكن تلخيص أهم الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء عملية القياس باستخدام الأيدروميتر في النقاط الآتية:

- 1- التأكد من أن الأيدروميتر مضبوط التدريج. وذلك باستخدامه في قياس الماء المقطر لبيان صفر تدريجه.
- 2- التأكد من صفاء المحلول المختبر وخلوه من الشوائب أو المواد العالقة الصلبة.
- 3- مزج المحلول جيداً قبل أخذ عينة الاختبار منه.
- 4- استخدام مخبر نظيف وجاف وبطول مناسب لوضع العينة به.
- 5- إمالة المخبر حوالي 45 درجة وملئه بالعينة ببطء بحيث يسيل المحلول على جوانب المخبر الداخلية وحتى لا تتكون فقاعات هوائية ترفع الأيدروميتر وبالتالي تغير من القراءة ولا تكون مطابقة للواقع.
- 6- يجب ملء المخبر لقرب نهايته وإسقاط الأيدروميتر باحتراس وبحركة دائرية بسيطة.
- 7- يجب أن يكون الأيدروميتر حرراً في حركته بالمحلول وغير ملتصق بجوانب المخبر أثناء القراءة.
- 8- يجب أن يوضع المخبر فوق سطح أفقي تماماً وعدم أخذ القراءة إلا بعد سكون حركة الأيدروميتر وقرأ التدريج المقابل للقاع المقعر من سطح السائل وفي مستوى النظر تماماً. (شكل 6).
- 9- عند استخدام الأيدروميترات في محاليل محتوية على غازات كالمياه الغازية يراعى تسخين المحلول لطرد الغازات حيث أن وجودها يعمل على رفع الأيدروميتر عن وضعه المناسب ثم تؤخذ القراءة بعد أن يبرد المحلول.
- 10- قياس درجة حرارة المحلول وإجراء التعديل الحراري إذا لزم الأمر.



شكل (6) موضع القراءة الصحيحة عند القياس باستخدام الايدروميتر (ر)

مميزات استعمال طريقة الايدروميتر:

- 1- سهولة وسريعة ولا تحتاج إلى خبرة.
- 2- تفي بالغرض المطلوب في كثير من العمليات التصنيعية.
- 3- يمكن استخدام أيروميتر واحد لقياس تركيز المحاليل السكرية والملحية كما يمكن تقدير الوزن النوعي لها بعد عمليات التحويل السابق شرحها أو استخدام جداول خاصة لذلك.

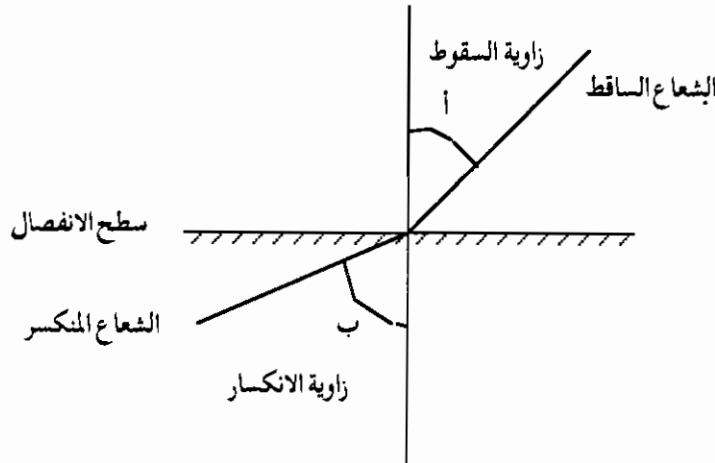
عيوب استعمال طريقة الأيدروميترات:

- 1- ليست أدق الطرق المستخدمة.
- 2- تحتاج إلى كمية كبيرة من السائل المختبر.

ثانياً: الطرق المعتمدة على انكسار الضوء:

في هذا الجزء سوف نتعرف على أجهزة الرفراكتوميترات وكيفية استخدامها لقياس معامل انكسار المحاليل وكذلك تركيزها.

ويعتمد استخدام الرفراكتوميترات على قوانين الانكسار الطبيعية للضوء حيث أنه عند مرور شعاع ضوئي من وسط إلى وسط آخر يختلف عنه في الكثافة الضوئية يحدث له انكسار عند سطح الانفصال. فإذا مر الشعاع الضوئي من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط آخر أقل كثافة ضوئية فإن زاوية السقوط (الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام على سطح الانفصال) تكون أقل من زاوية الانكسار (الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على سطح الانفصال) يوضح ذلك شكل (7).



شكل (7) مسار شعاع ضوئي خلال وسطين مختلفي الكثافة

ونحصل على قيمة معامل الانكسار من ناتج قسمة جيب زاوية السقوط على جيب زاوية الانكسار عند درجة حرارة معينة.

$$\text{أي أن معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط (أ)}}{\text{جيب زاوية الانكسار (ب)}}$$

ويقوم جهاز الرفراكتوميتر بقياس الوزن النوعي للمادة عن طريق قياس معامل الانكسار لها. وقياس معامل الانكسار النسبة بين سرعة مرور الضوء في الهواء مقارنة بسرعة مروره في المادة. فمثلاً معامل انكسار الماء = 1.333 على درجة حرارة 20°م فإن هذا يعني أن سرعة مرور الضوء في الماء أقل من سرعة مرور الضوء في الهواء بنسبة 1.333 أي أنه إذا كانت سرعة مرور الضوء في العينة 1.00 فإن سرعة مرور الضوء في الهواء تحت نفس الظروف 1.3330 فمثلاً إذا كان معامل انكسار محلول سكري 1.3446 فإن هذا يعني أن سرعة مرور الضوء في المحلول السكري أقل من سرعة مرور الضوء في الهواء بنسبة 1.3446 : 1 .

وقيمة معامل الانكسار تعتبر صفة مميزة للمواد حيث يمكن استخدامها للدلالة على درجة نقاوة المادة. وتعتمد قيمة معامل الانكسار على طول الموجة الضوئية وعادة يؤخذ معامل الانكسار لكل مادة أو محلول بالنسبة لضوء الصوديوم الموحّد الموجات عند موجة ضوئية طولها 589 نانوميتر على درجة حرارة 20°م. وتقل قيمة معامل الانكسار للمواد بازدياد طول الموجة الضوئية المستخدمة كما يتضح من الجدول رقم (3).

جدول (3) العلاقة ما بين معامل الانكسار للماء وطول الموجة الضوئية على درجة حرارة 20°م

معامل الانكسار للماء على درجة حرارة 20°م	طول الموجة الضوئية المستخدمة نانوميتر
1.3371	486
1.3330	589
1.3311	652

ويعبر عن معامل الانكسار بالرمز n_D^t حيث أن:

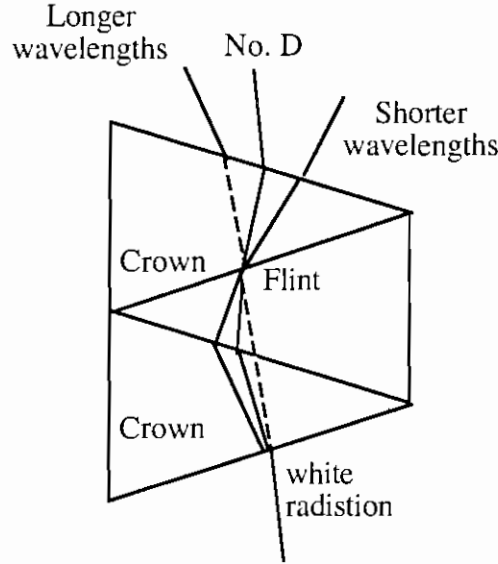
$$n = \text{معامل الانكسار} .$$

$$t = \text{درجة حرارة القياس}$$

$$D = \text{ضوء الصوديوم}$$

واستخدام الضوء العادي في عملية القياس يؤدي إلى اختلاف معامل الانكسار المقاس

عنه في حالة استخدام ضوء الصوديوم لذلك يفضل استخدام ضوء الصوديوم أو العمل على استخدام ضوء ذو موجة ضوئية طولها 589 نانومتر عن طريق تزويد الأجهزة بمناشير خاصة Amici Prisms للحصول على هذا الضوء كما يتضح في الشكل (8) حيث نجد أن الشعاع الضوئي عند مروره خلال المنشور يتحلل إلى أشعة ذات أطوال موجية مختلفة وفي النهاية نحصل من المنشور على الضوء بالطول الموجي المطلوب.



شكل (8) منشور أميكي

الشعاع الحرج والزاوية الحرجة:

وكما سبق ذكره فإنه بمرور الشعاع الضوئي من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية فإن زاوية السقوط تكون أقل من زاوية الانكسار وعلى ذلك فعند زيادة زاوية السقوط تزداد تبعاً لذلك زاوية الانكسار وعند زاوية سقوط معينة أقل من 90 درجة تكون زاوية الانكسار مساوية 90 وينطبق الشعاع المنكسر على سطح الانفصال ويسمى الشعاع الضوئي الساقط في هذه الحالة باسم الشعاع الحرج وزاوية السقوط باسم الزاوية الحرجة وعند زيادة زاوية السقوط عن ذلك فإن الشعاع ينعكس انعكاساً كلياً.

$$\text{بما أن معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$$

$$\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{90} = \text{بما أن معامل الانكسار}$$

$$1 = 90$$

$$\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{1} = \text{إذن أن معامل الانكسار}$$

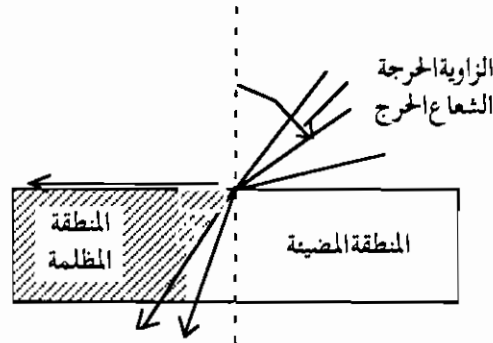
$$\text{إذن معامل الانكسار} = \text{جيب الزاوية الحرجة}$$

وهذه العلاقة السابقة تكون صحيحة عندما يمر الضوء خلال الهواء ولكن في حالة عدم وجود الهواء كأحد الوسيطين مثل مرور الضوء من الزجاج إلى السائل تكون العلاقة:

$$\text{معامل الانكسار} = \text{معامل الانكسار للزجاج} \times \text{جيب زاوية السقوط}.$$

وعلى ذلك فإن أجهزة الرفراكتوميترات المستخدمة في التصنيع الغذائي تعتمد على قياس الزاوية الحرجة للضوء الساقط بزاوية حادة على السطح الأمامي للمنشور.

ويمكن إيضاح الزاوية الحرجة والشعاع الحرج في الشكل رقم (9).



شكل (9) الزاوية الحرجة والشعاع الحرج

من الشكل (9) يمكن توضيح أنواع الأشعة كما يلي:

1- أشعة تسقط بزاوية سقوط أقل من الزاوية الحرجة وهذه تنكسر وتعطي المنطقة المضيئة . Light field

2- أشعة تسقط بزاوية سقوط مساوية أو أكبر من الزاوية الحرجة وهذه تعطي المنطقة المظلمة . Dark field

أنواع الرفراكتوميترات:

توجد أنواع عديدة من الرفراكتوميترات حيث تحتوي بعض الأنواع على تدريج يقيس معامل الانكسار فقط وأنواع أخرى تدريجها يقيس معامل الانكسار والنسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة. هذا بالإضافة إلى اختلاف مدى القياس بين نفس الأنواع. ومن هذه الأنواع على سبيل المثال وليس الحصر ماييلي:

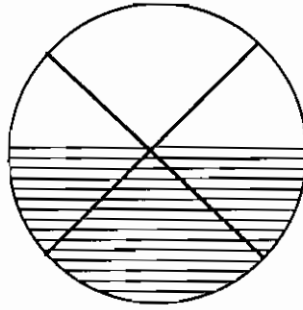
1- رفراكتوميتر آبي: Abbe refractometer

وهو أكثر الأنواع انتشاراً ويعطي معامل انكسار ما بين 1.330 - 1.530 بدقة مقدارها 0.0001 ويقيس المواد الصلبة الذائبة الكلية بتركيزات تصل إلى 95٪ .

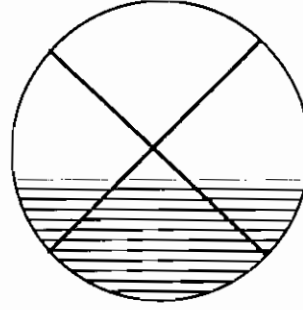
تركيب الجهاز:

يتكون رفراكتوميتر آبي من الآتي:

- 1- منشوران زجاجيان متحركان إحداهما علوي والآخر سفلي توضع بينهما العينة.
- 2- عدسة عينية بها خطين متعامدين يمكن بهما تعيين الحد الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة شكل (10).



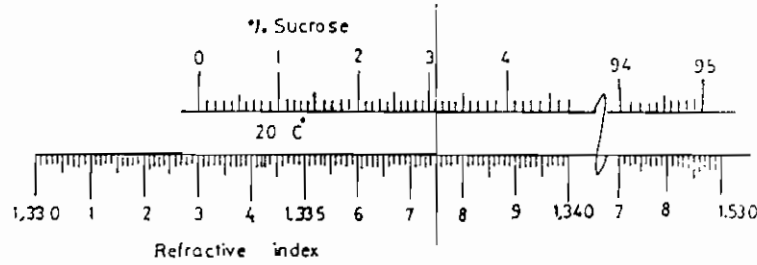
ضبط دقيق



ضبط غير دقيق

شكل (10) المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة في رفراكتوميتر آبي

- 3- تدريج أفقي مقسم بحيث يعطي معامل الانكسار للعينة مباشرة منسوباً للهواء ويقابل هذا التدريج تدريج آخر يعطي النسبة المئوية لتركيز المواد الصلبة الذائبة وتحدد القراءة بواسطة خط رأسي متعامد مع التدريج شكل (11).



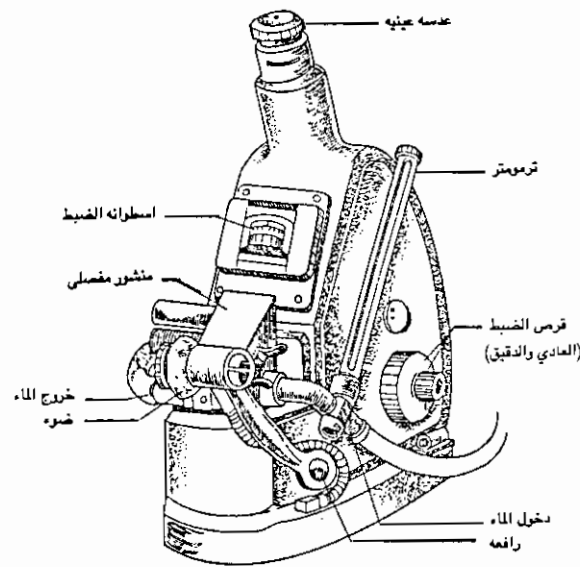
% لتركيز محلول السكر 3.1 ومعامل الانكسار له 1.3375 علي درجة حرارة 30°م

شكل (11) قراءات رفاكتميتراي

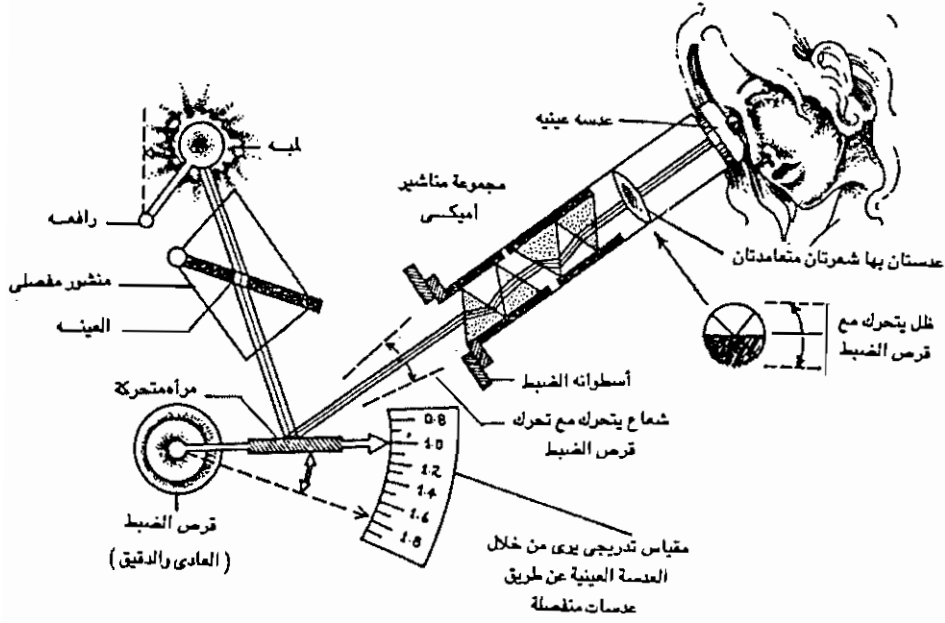
4- مصدر إضاءة:

ويزود الجهاز بفتحتين لدخول وخروج ماء ذو درجة حرارة ثابتة لضبط درجة الحرارة حول المنشوران أثناء عملية القياس. كما يوجد ترمومتر لقياس درجة الحرارة المستخدمة.

ويوضح شكل (12) أحد أنواع رفاكتميتراي كذلك يوضح شكل (13) مسار الضوء خلال رفاكتميتراي.



شكل (12) رفاكتميتراي



شكل (13) مسار الضوء خلال رافراكتوميتر آبي

ب- رافراكتوميتر زايس: Zeiss refractometer

ويعطي معامل انكسار ما بين 1.300 – 1.540 بدقة مقدارها 0.001 وقياس تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية من صفر إلى 7.95 .

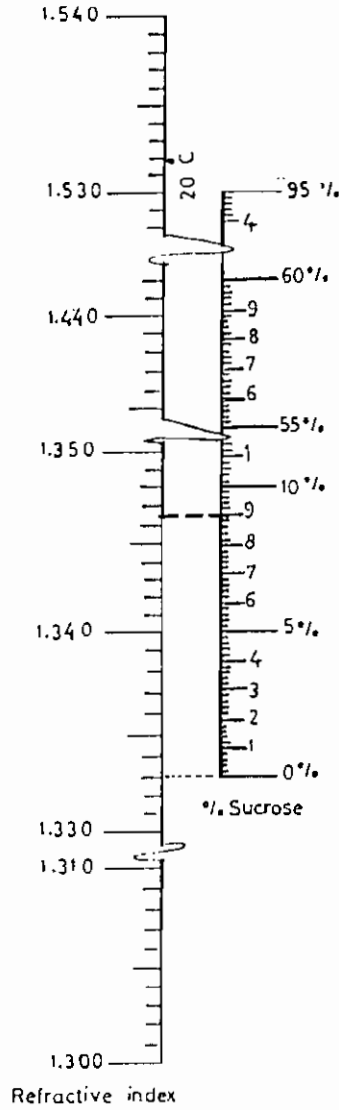
تركيب الجهاز:

يتكون الرافراكتوميتر من الآتي:

- 1- منشوران زجاجيان السفلي ثابت والعلوي متحرك توضع بينهما العينة.
- 2- عدسة عينية بها ثلاثة خطوط أفقية متجاورة لتحديد الحد الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة.
- 3- تدريج رأسي مقسم بحيث يعطي معامل الانكسار للعينة مباشرة منسوباً للهواء ويقابل هذا التدريج تدريج آخر يعطي النسبة المئوية لتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية شكل (14) .

4- مصدر إضاءة:

ويزود الجهاز بفتحتين لدخول وخروج ماء ذو درجة حرارة ثابتة لضبط درجة الحرارة حول المنشوران أثناء عملية القياس. كما يوجد ترمومتر لقياس درجة الحرارة المستخدمة.



% لتركيز محلول السكروز ٩ ومعامل الانكسار له ١٣٤٦٥ على درجة حرارة ٢٠م

شكل (١٤) قراءات وفراكتوميتر زائس

ج- الرفراكتوميتر الرقمي:

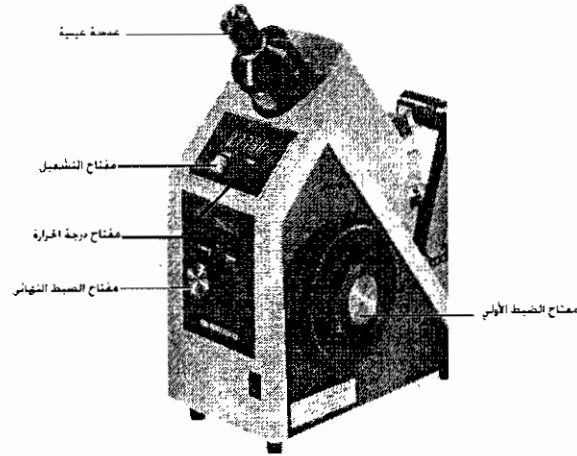
في حالة الأنواع السابقة من أجهزة الرفراكتوميترات يعتمد تحديد الخط الفاصل ما بين المنطقة المضئية والمظلمة وكذلك الحصول على القراءة (تركيز سكر السكروز - معامل الانكسار) على العين المجردة ونظراً لاختلاف قدرة العين من شخص لآخر قد يحدث اختلاف في القيمة المتحصل عليها. لذلك تم تصنيع أجهزة حديثة رقمية تعتمد على تحديد الخط الفاصل ما بين المنطقتين (المظلمة - المضئية). كذلك الحصول على القراءة مباشرة دون الاعتماد على النظر ومن هذه الأجهزة على سبيل المثال وليس الحصر:

د- رافراكتوميتر آبي ليسيا الرقمي: Digital Lecia Abbe refractometer

ويستخدم في تحديد وإظهار النسبة المئوية لتركيز السكر وكذلك معامل الانكسار للمنتجات الغذائية والمواد الكيماوية. ويتم التعديل بالنسبة لدرجة الحرارة آلياً حيث يعطي القراءة على أنها مقاسة على درجة حرارة 20م° وذلك إذا كانت درجة حرارة المحلول في حدود 15 - 50م° دون الاحتياج إلى حمام مائي أو استخدام جداول للتعديل الحراري. ويحتوى على عدسة عينية، ويغلف المنشور داخل إطار من مادة الايبوكسي المقاومة لفعل المذيبات والتي تتحمل التلف باستخدام الكيماويات ويزود المنشور بشعاع ضوئي ذو طول موجه ضوئية موحدة 589 نانوميتر. وتظهر القراءة على الجهاز بسهولة من خلال وضع العينة على المنشور ثم ضبط الرؤية وبالضغط على مفتاح التشغيل تظهر القراءة مباشرة. ويعطي درجة حرارة المحلول في حدود 0.1 مئوي ويقاس النسبة المئوية للتركيز من صفر إلى 95% بحساسية = 0.01 ومعامل الانكسار الذي يتم قياسه يتراوح ما بين 1.300 - 1.700 بحساسية = 0.002 ويعمل الجهاز باستخدام التيار الكهربائي 220 فولت ويوضح الشكل (15) رافراكتوميتر آبي ليسيا الرقمي.

وتوجد أنواع أخرى من هذا النوع مزود بإمكانية الحصول على أطوال موجيه مختلفة تعتمد على مدى معامل الانكسار المطلوب يقاس كما يلي:

مدى معامل (الانكسار)	طول الموجه الضوئية (نانوميتر)
1.7379 - 1.3277	450
1.7100 - 1.300	589
1.2912 - 1.7011	680
1.2746 - 1.6843	1100



شكل (15) يوضح جهاز رفرأكتوميتر آبي ليسيا الرقمي

طريقة العمل بأجهزة الرفرأكتوميترات:

- للحصول على أدق النتائج لابد من اتباع الآتي عند استخدام الرفرأكتوميتر في القياس:
- 1- تنظيف المنشورين جيداً ثم تجفيفهما ويفضل استخدام أحد المذيبات العضوية في عملية التنظيف مثل كحول الايثانول.
- 2- ضبط درجة حرارة القياس بإمرار تيار من الماء على درجة الحرارة المناسبة خلال المنشورين.
- 3- تتم عملية ضبط لقراءة الرفرأكتوميتر قبل الاستخدام وذلك بقياس معامل انكسار الماء المقطر على درجة حرارة 20م° حيث يجب أن يكون 1.3330 كذلك قياس معامل انكسار مادة أورثوبرومونافثالين orthobromo naphthlene على نفس درجة الحرارة السابقة حيث يجب أن يكون 1.6580 .
- 4- توضع العينة المراد معرفة تركيزها أو معامل انكسارها ما بين المنشورين ويجب أن لا تحتوي على مواد عالقة.
- 5- تستخدم العدسة العينية لتحديد الخط الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمظلمة ثم ينظر إلى التدريج وتأخذ القراءة.
- 6- يجري التعديل الحراري إذا كان هناك اختلاف في درجة الحرارة المقاسة عليها العينة عن الدرجة القياسية.

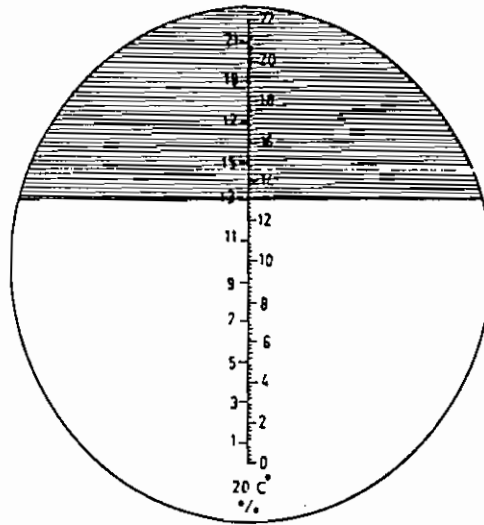
هـ- الرفراكتوميتر اليدوي: Hand refractometer

ويمتاز هذا النوع بخفة وزنه ودقة قراءته لذلك يستعمل في الحقل أو على خطوط الإنتاج ويستخدم لقياس تركيز محاليل السكروز. ويوجد منه أنواع يختلف تدرجها تبعاً للغرض الذي تستخدم فيه حيث نجد منه ما يعطي تركيز السكروز من صفر إلى 30٪ وأنواع أخرى تعطي تركيزات من 30 إلى 75٪ .

تركيب الجهاز:

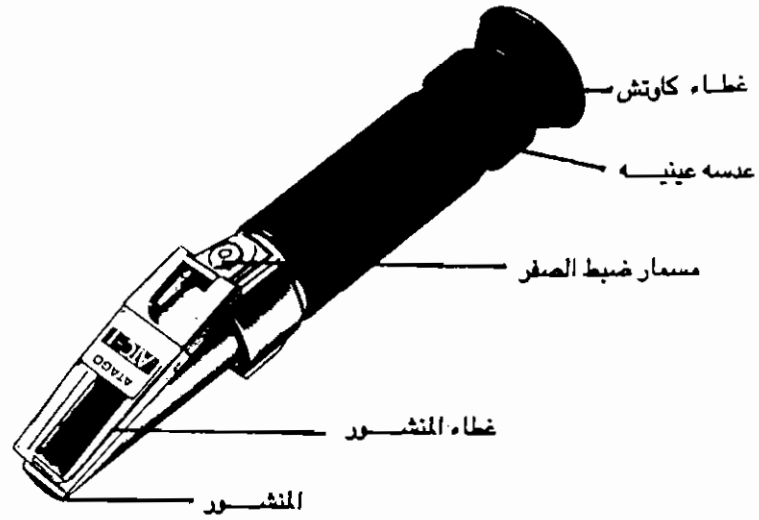
يتكون الرفراكتوميتر اليدوي من الآتي:

- 1- منشوران زجاجيان السفلى ثابت والعلوي متحرك توضع بينهما العينة.
 - 2- عدسة عينية يمكن بها تحديد المنطقة المظلمة والمنطقة المضيئة ويظهر بها تدرج رأسي مقسم بحيث يعطي تركيز المواد السكرية . شكل (16) .
- ويوضح شكل (17) أحد الرفراكتوميترات اليدوية:



٪ لتركيز محلول كلوريد الصوديوم 12.5 على درجة حرارة 20°م

شكل (16) قراءات الرفراكتوميتر اليدوي



شكل (17) الرافراكتوميتر اليدوي

ويوضح شكل (18) خطوات العمل باستخدام الرفراكتوميتر اليدوي.



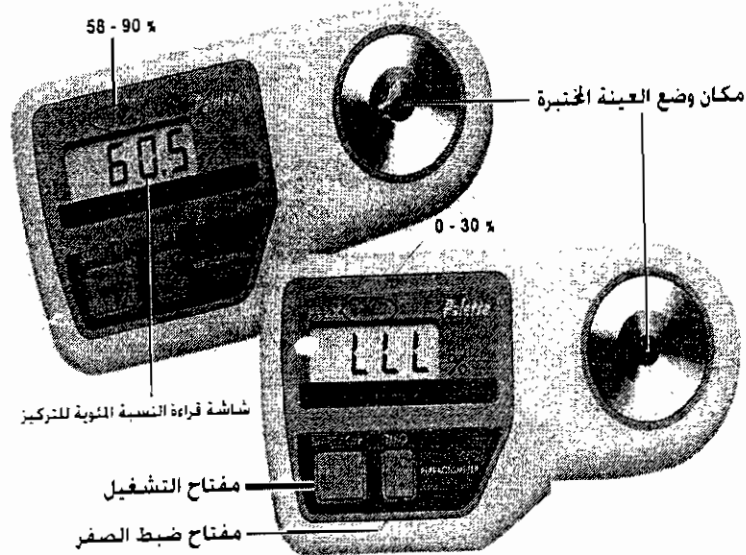
شكل (18) خطوات العمل لقياس تركيز محلول باستخدام الرفراكتوميتر اليدوي

ويوجد حالياً أنواع حديثة تمتاز بالدقة والسهولة في أخذ القراءة ومنها على سبيل المثال وليس الحصر:

و - رفاكٲوميٲر باليت: Palette refractometer

يستخدم هذا الجهاز للحصول على النسبة المئوية لتركيز سكر السكروز بحساسة رقم عشري واحد. ويوجد منه أكثر من نوع تبعاً لتركيز المواد السكرية المتوقع (صفر - 30%)، (30 - 60%) (58 - 90%) ويتم ضبط الجهاز قبل الاستخدام باستعمال ماء مقطر عن طريق مفتاح الضبط المزود بالجهاز لضبط القيمة صفر. كذلك يتم ضبط درجة الحرارة آلياً في مجال 10 - 35 مئوي بدون استخدام جداول للتعديل الحراري. ويقاس التركيز مباشرة خلال بضع ثواني ولا يحتاج إلى ضبط للمنطقة المضئية والمظلمة. ويعتمد تشغيله على استخدام بطارية.

وعند استخدام محلول تركيزه يختلف عن المدى الخاص بالجهاز (زيادة - انخفاض) أو في حالة ضعف البطارية أو عدم مناسبة حجم المحلول المستخدم يظهر على الشاشة قراءة (LLL). ويوضح شكل رقم (19) جهاز رفاكٲوميٲر باليت.



شكل (19) رفاكٲوميٲر يدوي رقمي

تأثير درجة الحرارة على قراءات معامل الانكسار والتركيز للمحاليل:

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة على معامل الانكسار والتركيز للمحاليل حيث تنخفض قراءات معامل الانكسار وتركيز المحاليل مع ارتفاع درجة حرارة القياس عن الدرجة القياسية. لذلك لابد من الاهتمام بضبط درجة الحرارة أثناء إجراء الاختبار.

ويمكن إيضاح ما سبق بالنسبة لمعامل الانكسار من الجدول (4) حيث يظهر انخفاض قيمة معامل الانكسار للماء المقطر بارتفاع درجة حرارة القياس.

جدول (4) معامل الإنكسار للماء المقطر على درجات حرارة مختلفة

درجات الحرارة بالمئوي	قراءة رفراكتوميتر آبي	درجات الحرارة بالمئوي	قراءة رفراكتوميتر آبي
15	1.3334	22	1.3328
16	1.3334	23	1.3327
17	1.3333	24	1.3326
18	1.3332	25	1.3325
19	1.3331	26	1.3324
20	1.3330	28	1.3322
21	1.3329	30	1.3320

ولكل مادة درجة حرارة يجب قياس معامل الانكسار عليها فمثلاً يقاس معامل الانكسار للزيوت على درجة حرارة 25م° أما في حالة الدهون فيتم على درجة حرارة 40م° وعند إجراء القياس على درجة حرارة غير القياسية يجرى التعديل الحراري للقراءات باستخدام المعادلة الآتية:

$$م = م' + \theta (ع' - ع)$$

حيث أن:

م = قيمة معامل الانكسار الحقيقية.

م = قيمة معامل الانكسار على درجة حرارة القياس.

ع = درجة حرارة القياس.

ع = درجة الحرارة القياسية.

ث = رقم ثابت (0.00365) في حالة الزيوت أما في حالة الدهون (0.00385).

أما بالنسبة لقياس تركيز المحاليل فيتم على درجة حرارة 20°م وعند تغير درجة الحرارة عن ذلك بالانخفاض أو الارتفاع يمكن الاستعانة بجدول (5) في حالة محاليل السكر الذي يبين التعديل الحراري لمحلول سكر السكرز سواء بطرح قيمة التعديل في حالة ارتفاع درجة الحرارة عن 20°م. فمثلاً إذا كانت قراءة الجهاز 25.7% على درجة حرارة 24°م فإن القراءة المعدلة تكون $25.7 + 0.3 = 26.0\%$ على درجة حرارة 20°م.

استخدامات الرفرأكتوميترات:

يعتبر الرفرأكتوميتر من أفضل الطرق المستخدمة لتقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية أو معامل الانكسار في العينات مقارنة بالطرق الأخرى وذلك لدقته وسرعته وقلة الكمية المطلوبة لإجراء عملية التقدير حيث أنها لا تزيد عن بضع نقط ويمكن حصر أهم استخداماته في مجال التصنيع الغذائي فيمايلي:

1- في تقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية في المحاليل السكرية أو عصائر الفاكهة والخضروات كذلك الشراب والمربات كذلك المحاليل الملحية كما هو الحال أثناء عمليات التخليل أو التعبئة في محاليل ملحية في حالة الأغذية المعلبة.

إلا أنه في حالة عصائر الفاكهة والخضروات ومركزاتها توجد بعض المواد الصلبة غير الذائبة وهذه تؤثر على التركيز النهائي للمواد الصلبة الكلية ولا يمكن قياسها بالرفرأكتوميترات لذلك عند الرغبة في معرفة المواد الصلبة الكلية (الذائبة وغير الذائبة) يتم ذلك عن طريق تقديرها باستخدام فرن التجفيف تحت تفريغ ويمكن إيضاح ذلك من المقارنة التالية في جدول رقم (6).

جدول (5) التعديل الحراري لقراءات محاليل سكر السكروز
عند القياس على درجات حرارة تختلف عن 20°م باستخدام الرفراكتوميتر

النسبة المئوية لتركيز محلول السكروز											درجة حرارة القياس بالمتوي
70	60	50	40	30	25	20	15	10	5	صفر	
يطرح من قيمة القراءة											
.79	.76	.74	.72	.68	.66	.64	.61	.58	.54	.50	10
.71	.69	.67	.65	.62	.60	.58	.55	.53	.49	.46	11
.63	.61	.60	.58	.56	.54	.52	.50	.48	.45	.42	12
.55	.54	.53	.51	.49	.48	.46	.44	.42	.40	.37	13
.48	.46	.45	.44	.42	.41	.40	.39	.37	.35	.33	14
.40	.39	.38	.37	.35	.34	.34	.33	.31	.29	.27	15
.32	.31	.30	.30	.28	.28	.27	.26	.25	.24	.22	16
.24	.23	.23	.22	.21	.21	.21	.20	.19	.18	.17	17
.16	.16	.15	.15	.14	.14	.14	.14	.13	.13	.12	18
.08	.08	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.06	.06	.16	19
يضاف إلى قيمة القراءة											
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.06	21
.16	.16	.16	.15	.15	.15	.15	.14	.14	.13	.13	22
.24	.24	.24	.23	.23	.23	.22	.22	.21	.20	.19	23
.32	.32	.31	.31	.31	.30	.30	.29	.28	.27	.26	24
.40	.40	.40	.40	.40	.39	.38	.37	.36	.36	.33	25
.48	.48	.48	.48	.47	.46	.45	.44	.43	.42	.40	26
.56	.56	.56	.56	.55	.55	.54	.53	.52	.50	.48	27
.64	.64	.64	.64	.63	.63	.62	.61	.60	.57	.56	28
.73	.73	.73	.73	.72	.72	.71	.69	.68	.66	.64	29
.81	.81	.81	.81	.80	.80	.79	.78	.77	.74	.72	30

أما بالنسبة للصيغة الحرفية (الكاتشب).

النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية = $2.35 + 204$ (الكثافة على درجة حرارة $20^\circ\text{م} - 1.00$).

3- يمكن الحصول على كثافة المحاليل السكرية (سكروز) عن طريق معرفة معامل الانكسار لها باستخدام المعادلة الآتية:

$$\frac{(1-2\text{م})}{0.20614 \times (2+2\text{م})} = \text{ث}$$

حيث أن:

ث = كثافة المحلول السكري.

م = معامل الانكسار للمحلول السكري.

0.20614 = رقم ثابت لمحلول السكروز Lorentz-Lorentz Constant

4- في معرفة درجة نقاوة الزيوت والدهون حيث أن قيمة معامل الانكسار للزيوت أو الدهون ثابتة على درجة حرارة معينة لذلك فإن التغير في قيمة معامل الانكسار على نفس درجة الحرارة يدل على حدوث غش للزيت أو الدهن بمواد أخرى. وفيما يلي مدى معامل الانكسار لبعض أنواع الزيوت على درجة حرارة 25°م والدهن على درجة حرارة 40°م .

زيت القطن	1.465 - 1.473	زيت فول الصويا	1.473 - 1.477
زيت الذرة	1.472 - 1.475	زيت الكتان	1.479 - 1.484
زيت الزيتون	1.468 - 1.470	السمن البلدي	1.453 - 1.457

5- يمكن استخدام التغير في قيمة معامل الانكسار أثناء إجراء عملية هدرجة الزيوت الغذائية لإنتاج المسلي الصناعي كوسيلة سريعة ودقيقة لتتبع عملية الهدرجة وتحديد نهايتها وذلك بدلاً من قياس درجة الانصهار للزيت المهدرج حيث تحتاج إلى وقت طويل لإجراء عملية القياس.

6- في الحكم على درجة جودة المركبات العضوية فمثلاً مركب Turpentine يصنف إلى ثلاث درجات جودة تبعاً لمعامل الانكسار الخاص بها المقاس على درجة حرارة 20°م واستخدام ضوء الصوديوم إلى ما يلي:

$$\text{درجة 1 معامل الإنكسار} = 1.469 - 1.472$$

$$\text{درجة 2 معامل الانكسار} = 1.472 - 1.476$$

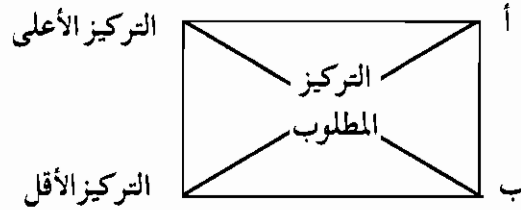
$$\text{درجة 3 معامل الانكسار} = 1.476 - 1.480$$

تحضير وخلط المحاليل:

يمكن تحضير أو خلط المحاليل سواء السكرية أو الملحية عن طريق استخدام إحدى الطرق الآتية:

أولاً: الطريقة البيانية: Graphical method

وتعتبر من الطرق السهلة في الحساب وقد ذكرها العام Pearson في عام 1904 ويمكن تلخيصها في الآتي:



من الرسم السابق نجد أن مكونات المحلول المراد تحضيره يتم توزيعها على الجانب الأيسر من المربع بحيث يكون المكون ذو التركيز الأعلى في الركن العلوي ويكتب تركيزه والمكون ذو التركيز الأقل في الركن الأسفل ويكتب تركيزه بينما يكتب تركيز المحلول المراد تحضيره في وسط المربع. بعد ذلك تتم عملية طرح ما بين التركيز الأقل والتركيز المطلوب ويوضع ناتج الطرح في الركن الأعلى من الجانب الأيمن (أ) وعملية طرح ما بين التركيز الأعلى والتركيز المطلوب ويوضع ناتج الطرح في الركن الأسفل من الجانب الأيمن (ب)، دون مراعاة للإشارات الجبرية يلي ذلك استخدام العلاقة الآتية:

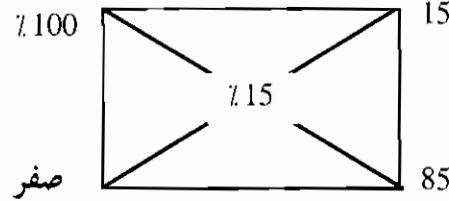
وحدة وزنية من المحلول الأعلى تركيزاً مع وحدة وزنية من المحلول الأقل تركيزاً تعطي وحدة وزنية من المحلول ذو التركيز المطلوب.

أ- تحضير محلول بتركيز معلوم:

مثال:

احسب المكونات اللازمة لتحضير 10 كيلو جرام محلول ملحي بتركيز 15 % .

الحل:



كل 15 كجم ملح مع 85 كجم ماء - 100 كجم محلول ملحي 15 %
س مع ص - 10 كجم

$$\text{س (كمية الملح اللازمة)} = \frac{10 \times 15}{100} = 1.5 \text{ كجم}$$

$$\text{ص (كمية الماء اللازمة)} = \frac{10 \times 85}{100} = 8.5 \text{ كجم}$$

$$\text{أو ص} = 10 - 1.5 = 8.5 \text{ كجم}$$

إذن بإذابة 1.5 كجم ملح نقي في 8.5 كجم ماء والمخلوط جيداً نحصل على 10 كجم محلول ملحي بتركيز 10 % .

ب- رفع تركيز محلول:

يمكن رفع أو زيادة تركيز محلول (سكري أو ملحي) عن طريق إضافة مادة صلبة (سكر أو ملح) أو خلطة بمحلول أعلي تركيزاً منه.

مثال:

احسب كمية المادة الصلبة اللازمة لرفع تركيز 15 لتر من 20 % إلى 35 % مع حساب وزن المحلول النهائي.

الحل:

نظراً لأن المحلول الجديد تركيزه 35٪ فيعتبر ذلك محلول سكري ولمعرفة وزنه لابد من معرفة الكثافة .

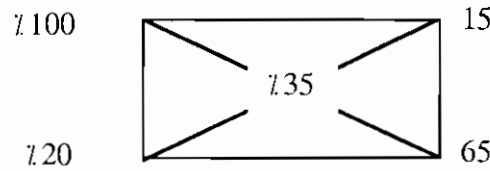
$$1 \text{ درجة بالنج} = 0.55 \text{ درجة بومية}$$

$$20 \text{ درجة بالنج} = \text{درجة بومية}$$

$$11.00 = \frac{55 \times 20}{100 \times 1} = \text{بوميه}$$

$$\text{ث} = \frac{145}{11 - 145} = 1.082 \text{ جرام/سم}^3$$

$$\text{وزن المحلول الابتدائي} = 15 \times 1.082 = 16.23 \text{ كيلو جرام}$$



كل 15 كجم سكر مع 65 كجم محلول سكري 120 - 80 كجم محلول سكري 35٪

س مع 16.23 ع

$$\text{س (كمية المادة الصلبة)} = \frac{16.23 \times 15}{65} = 3.75 \text{ كجم سكر}$$

$$\text{ع (وزن المحلول النهائي)} = 16.23 + 3.75 = 19.98 \text{ كجم محلول سكري}$$

إذن بإضافة 3.75 كجم سكر نقي إلى المحلول الابتدائي والإذابة جيداً نحصل على 19.98 كجم محلول سكري بتركيز 35٪.

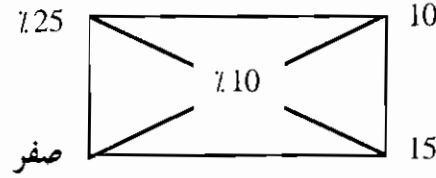
ج- خفض تركيز محلول:

يمكن خفض تركيز محلول (سكري أو ملحي) عن طريق إضافة ماء أو خلطة بمحلول أقل منه في التركيز.

مثال:

احسب كمية الماء اللازمة لخفض تركيز 50 كيلو جرام محلول ملحي من 25% إلى 10% .

الحل:



كل 10 كجم محلول ملحي 25% مع 15 كجم ماء - 25 كجم محلول ملحي 10%

50 مع ص ————— ع

$$\text{ص (كمية الماء)} = \frac{15 \times 50}{10} = 7.5 \text{ كجم ماء}$$

إذن بإضافة 7.5 كجم ماء إلى 50 كجم محلول ملحي بتركيز 25% والخلط الجيد نحصل على محلول بتركيز 10% .

د- خلط محلولين:

توجد حالتين لخلط المحاليل، الأولى خلط محلولين للحصول على محلول جديد بتركيز معلوم، والثانية خلط محلولين والمطلوب معرفة التركيز النهائي الناتج من عملية الخلط.

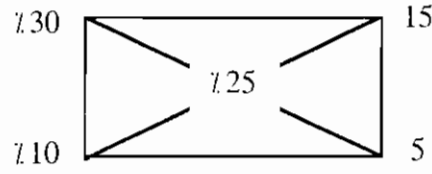
ويمكن إيضاح ذلك بالآتي:

(1) خلط محلولين للحصول على محلول جديد معلوم التركيز:

مثال:

احسب الكمية اللازم خلطها من محلولين تركيزهما 10%، 30% لتحضير 15 كيلو جرام محلول بتركيز 25% .

الحل:



كل 15 كجم محلول 1.30 مع 5 كجم محلول 1.10 - 20 كجم محلول 1.25

س مع ص 15

$$\text{س (كمية المحلول بتركيز 1.30)} = \frac{15 \times 15}{20} = 11.25 \text{ كجم محلول}$$

$$\text{ص (كمية المحلول بتركيز 1.10)} = \frac{15 \times 5}{20} = 3.75 \text{ كجم محلول}$$

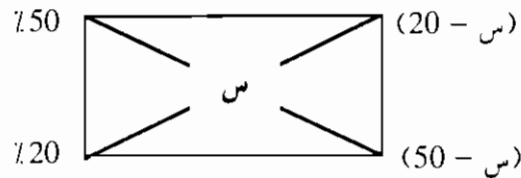
بخلط 11.25 كجم من محلول 1.30 مع 3.75 كجم من محلول 1.10 مع المزج الجيد نحصل على 15 كجم محلول 1.25 .

(2) خلط محلولين ویراد معرفة التركيز النهائي:

مثال:

احسب التركيز النهائي للمحلول السكري الناتج من خلط 500 كيلو جرام محلول بتركيز 1.20 مع 1000 كيلو جرام محلول بتركيز 1.50 .

الحل:



كل (س - 20) كجم محلول 1.50 مع (س - 50) كجم محلول 1.20

_____ (س - 20) + (س - 50) كجم محلول س

1000 مع 500 - 1500 كجم محلول س.٪

$$= \frac{500 \times (20 - \text{س})}{(50 - \text{س})} = 1000$$

$$(50 - \text{س}) 1000 = 500 \times (20 - \text{س})$$

$$\therefore \text{س} = 7.40$$

∴ بخلط 500 كيلو جرام محلول بتركيز 20٪ مع 1000 كيلو جرام محلول بتركيز 50٪ نحصل على 1500 كيلو جرام محلول بتركيز 40٪ .

ثانياً: الطريقة الجبرية: Algebraic method

في هذه الطريقة تستخدم المعادلات الرياضية في حساب ومعرفة المواد اللازمة لتحضير أو خلط المحاليل سواء باستخدام الأوزان أو الأحجام. ويمكن إيضاح ذلك في الحالات الآتية:

١- رفع تركيز محلول:

١- رفع التركيز باستخدام الوزن:

يمكن معرفة وزن المادة الصلبة (سكر أو ملح) الواجب إضافتها إلى وزن محلول معلوم التركيز لرفع تركيزه بواسطة تلك المعادلة.

$$و = 1 \frac{(أ - ب)}{(100 - ب)}$$

حيث أن:

و = وزن المادة الصلبة بالكيلو جرام الواجب إضافتها إلى المحلول الابتدائي للوصول إلى التركيز النهائي.

و 1 = وزن المحلول الابتدائي بالكيلو جرام.

أ = التركيز الابتدائي للمحلول.

ب = التركيز النهائي للمحلول .

مثال :

احسب كمية السكر الواجب إضافتها إلى 100 كيلو جرام محلول سكري بتركيز 25٪ لرفع تركيزه إلى 70٪ .

الحل:

$$و = \frac{(70 - 25)}{(100 - 70)} 100 = 150.00 \text{ كيلو جرام}$$

إذن بإضافة 150 كيلو جرام سكر نقي إلى 100 كيلو جرام محلول سكري بتركيز 25٪ نحصل على محلول نهائي بتركيز 70٪ .

2- رفع التركيز باستخدام الحجم:

يمكن حساب كمية المادة الصلبة (سكر أو ملح) الواجب إضافتها إلى حجم محلول معلوم التركيز عن طريق استخدام المعادلة الآتية:

$$و = ح \cdot \frac{(أ - ب)}{(100 - ب)}$$

حيث أن:

و = وزن المادة الصلبة بالكيلو جرام اللازم إضافتها إلى المحلول الابتدائي للوصول إلى التركيز النهائي .

ح = حجم المحلول الابتدائي باللتر .

ث = كثافة المحلول الابتدائي جرام / سم³

أ = التركيز الابتدائي للمحلول .

ب = التركيز النهائي للمحلول .

مثال :

احسب كمية الملح الواجب إضافتها إلى 40 لتر محلول ملحي بتركيز 15٪ وكثافته 1.0740 جرام / سم³ للوصول إلى تركيز 25٪ .

الحل:

$$و = \frac{(25 - 15)}{(100 - 25)} 1.0740 \times 40 = 5.73 \text{ كيلو جرام}$$

إذن بأضافة 5.73 كيلو جرام ملح نقي إلى 40 لتر محلول ملحي بتركيز 15% نحصل على محلول نهائي بتركيز 25% .

ب- خفض تركيز محلول:

1- خفض التركيز باستخدام الوزن:

يمكن حساب كمية الماء اللازم إضافتها لإجراء عملية تخفيف المحاليل باستخدام تلك المعادلة.

$$و = 1 - \frac{(أ - ب)}{(ب)}$$

حيث أن:

و = وزن الماء بالكيلو جرام اللازم إضافته إلى المحلول الابتدائي للوصول إلى التركيز النهائي.

و 1 = وزن المحلول الابتدائي بالكيلو جرام.

أ = التركيز الابتدائي للمحلول.

ب = التركيز النهائي للمحلول.

مثال:

احسب كمية الماء اللازم إضافتها إلى 20 كيلو جرام محلول ملحي بتركيز 15% للوصول إلى تركيز 10% .

الحل:

$$و = 20 - \frac{(10 - 15)}{10} 20 = 10 \text{ كيلو جرام}$$

إذن بأضافة 10 كيلو جرام ماء إلى 20 كيلو جرام محلول ملحي بتركيز 15% نحصل على محلول نهائي بتركيز 10% .

2- خفض التركيز باستخدام الحجم:

يمكن حساب حجم الماء اللازم إضافته لإجراء عملية تخفيف المحاليل باستخدام تلك المعادلة.

$$C_1 = \frac{(A - B)}{B} \times C_2$$

حيث أن:

C_1 = حجم الماء بالتر اللازمة لإضافته إلى المحلول الابتدائي للوصول إلى التركيز النهائي.

C = حجم المحلول الابتدائي بالتر.

B = كثافة المحلول الابتدائي جرام / سم³ .

A = التركيز الابتدائي للمحلول.

B = التركيز النهائي للمحلول.

مثال:

احسب حجم الماء اللازم إضافته إلى 50 لتر محلول سكري بتركيز 25% كثافته 1.1047 جرام / سم³ للوصول إلى تركيز 15% .

الحل:

$$C_1 = \frac{(15 - 25)}{15} \times 1.1047 \times 50 = 36.8 \text{ لتر}$$

إذن بأضافة 36.8 لتر ماء إلى 50 لتر محلول سكري بتركيز 25% نحصل على محلول نهائي بتركيز 15% .

ج- خلط محلولين:

1- خلط محلولين للحصول على محلول جديد معلوم التركيز :

عندما يراد معرفة وزن كل محلول من المحلولين المستخدم في عملية الخلط ويكون لدينا الوزن والتركيز النهائي للخليط كذلك تركيز كل محلول نستخدم الآتي:

$$س + ص = ع$$

$$س = \frac{(ج - ب)}{(أ - ب)} \times ع$$

حيث أن:

س = وزن المحلول الأول.

ص = وزن المحلول الثاني.

ع = وزن الخليط (المحلول الأول + المحلول الثاني) .

أ = تركيز المحلول الأول.

ب = تركيز المحلول الثاني.

ج = تركيز الخليط.

مثال :

إذا كان لديك محلول بتركيز 20% ومحلول آخر بتركيز 50% ويراد تحضير 400 كيلو جرام محلول بتركيز 30% فاحسب الكمية من المحلول الأول والثاني اللازمة لإتمام عملية الخلط .

الحل:

$$س = \frac{(50 - 30)}{(50 - 20)} \times 400 = 266.66 \text{ كيلو جرام} .$$

$$ص = 400 - 266.66 = 133.33 \text{ كيلو جرام} .$$

2- خلط محلولين ويزاد معرفة التركيز النهائي:

يمكن معرفة التركيز النهائي الناتج من عملية خلط محلولين معلومي التركيز عن طريق هذه المعادلة.

$$\frac{ع \times ج}{100} = \frac{ص \times ب}{100} + \frac{س \times أ}{100}$$

حيث أن:

س = وزن المحلول الأول.

ص = وزن المحلول الثاني.

ع = وزن الخليط .

أ = تركيز المحلول الأول.

ب = تركيز المحلول الثاني.

ج = تركيز الخليط.

مثال:

احسب التركيز النهائي الناتج من خلط 500 كيلو جرام محلول 45% مع 800 كيلو جرام محلول 30% .

الحل:

$$\frac{ج \times 1300}{100} = \frac{30 \times 800}{100} + \frac{45 \times 500}{100}$$

$$\therefore ج = 35.77\%$$

وعند الرغبة في معرفة نسبة الخلط من كل محلول للوصول إلى المحلول النهائي يمكن استخدام هذه المعادلة.

$$\frac{س}{ص} = \frac{(ج - ب)}{(ج - أ)}$$

ومن المثال السابق يمكن معرفة نسبة المخلوط كمايلي:

$$\frac{5.77}{9.23} = \frac{(30 - 35.77)}{(45 - 35.77)} = \frac{س}{ص}$$

أي تتم عملية الخلط باستخدام 5.77 جزء من المحلول الأول مع 9.23 جزء من المحلول الثاني.

ثالثاً: طريقة الرسوميات البيانية: Aligmnt charts method

يطلق على هذه الطريقة اسم النوموجرامات nomograms وهي طريقة سهلة وتتلخص في حساب كمية المادة الصلبة أو كمية الماء اللازمة لإجراء عمليات التحضير أو التخفيف أو التركيز من الرسم مباشرة دون الحاجة إلى إجراء عمليات حسابية. ويمكن ذكر الحالات الآتية على سبيل المثال وليس الحصر.

١- تحضير محلول بتركيز معلوم:

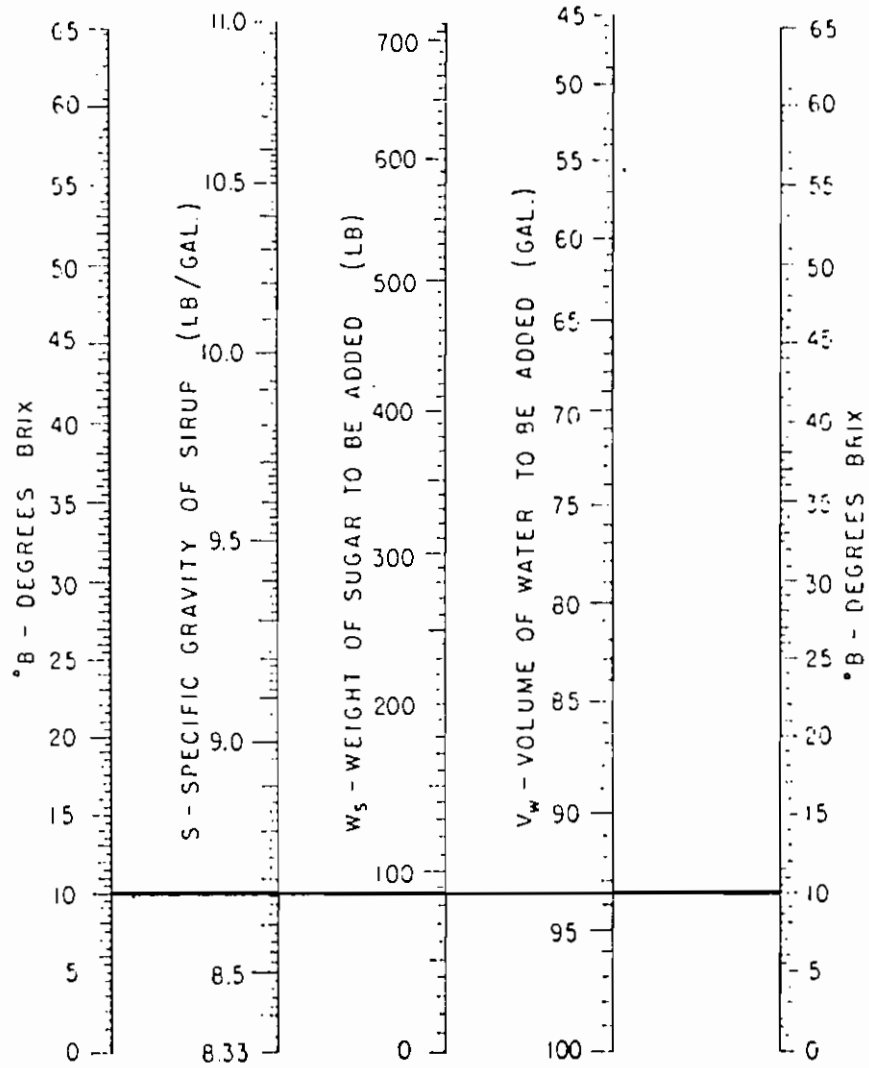
يوضح الشكل (20) كميات السكر وحجم الماء اللازمين لتحضير المحاليل السكرية بتركيزات مختلفة حتى 65٪.

الحل:

يتضح من الشكل (20) أننا نحتاج إلى 87 رطل سكر مع 93.5 جالون ماء ثم الخلط جيداً للحصول على 400 جالون محلول سكري بتركيز 10٪ .

ب- تخفيف تركيز محلول:

عند الرغبة في إجراء عملية تخفيف للمحاليل المركزة باستخدام الماء يمكن الاستعانة بشكل (21) حيث يظهر كميات الماء التي تضاف إلى المحاليل المركزة حتى 70٪ لتخفيفها إلى التركيز النهائي المطلوب.



شكل (20)

نموذج لوزن السكر وحجم الماء اللازم لتحضير 100 جالون محلول سكري بالتركيز المطلوب

مثال:

احسب كمية الماء الواجب إضافتها إلى واحد جالون محلول سكري بتركيز 7.60 لتخفيفه إلى 7.24 .

الحل:

من الشكل (21) يتضح أننا نحتاج 1.94 جالون ماء وإضافته إلى واحد جالون محلول سكري بتركيز 7.60 مع الرج الجيد للحصول على محلول بتركيز 7.24 .

ج- تحضير محلول بتركيز معلوم باستخدام محلول ثابت التركيز:

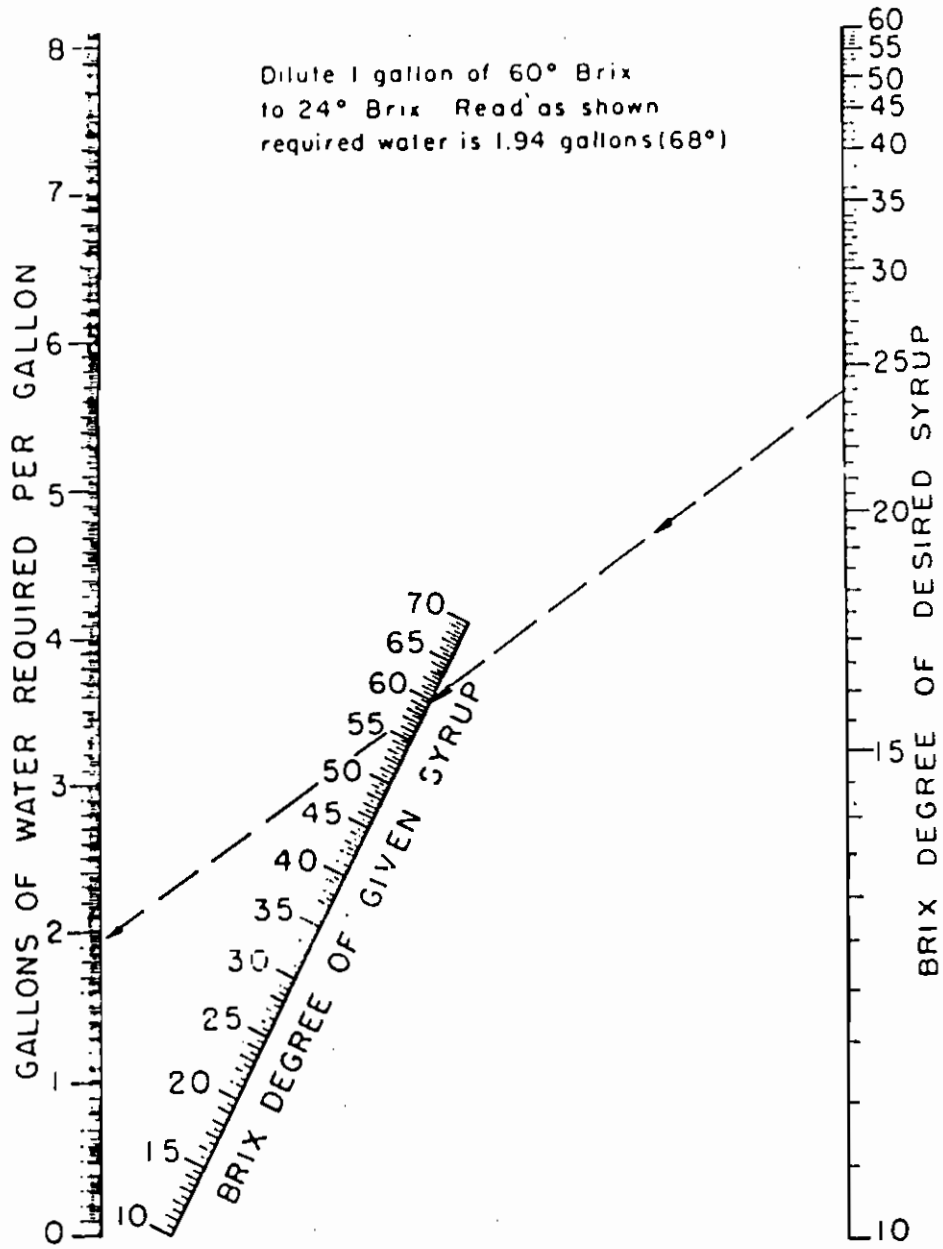
في هذه الحالة يوجد لدينا محلول سكري ثابت التركيز حيث تستخدم كميات منه في تحضير المحاليل تبعاً للتركيزات المطلوبة ويمكن إجراء هذه العملية عن طريق استخدام شكل (22) حيث نجد أن المحلول الذي يستخدم في التحضيرات هو محلول سكري بتركيز 7.66.5 .

مثال:

احسب الكمية اللازم استخدامها من محلول سكري بتركيز 7.66.5 لتحضير 100 جالون محلول سكري بتركيز 7.25 مع حساب كمية الماء اللازمة لذلك.

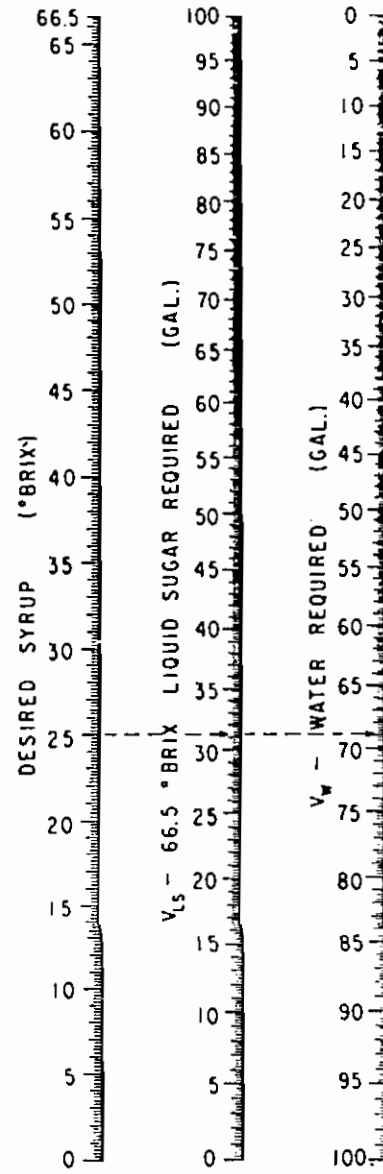
الحل:

من الشكل (22) يتضح لنا أنه لتحضير 100 جالون محلول سكري بتركيز 7.25 يلزم إضافة 69 جالون ماء إلى 31.25 جالون محلول سكري بتركيز 7.66.5 مع الرج الجيد للحصول على المحلول الجديد.



شكل (21)

نموذج حجم الماء المضاف إلى واحد جالون محلول سكري لتحضير محلول سكري بالتركيز المطلوب



Gallons of 66.5 °B liquid sugar and
gallons of water required to yield
100 gallons of syrup (At 68 °F)

شكل (22)

نوموجرام لحجمي الماء والمحلل السكرى اللازمين لتحضير 100 جالون محللول سكري بالتركيز المطلوب

رابعاً: الطريقة المباشرة: Direct method

ذكر العالمان Zapsalis and Beek عام (1985) أن هناك طريقة مباشرة يمكن استخدامها في تحضير المخاليل وذلك للحصول على 100 وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب دون الحاجة إلى إجراء عمليات حسابية . ويستخدم في هذه الطريقة ورق الرسم البياني العادي حيث يتم رسم إحداثيان رأسيان الأيمن منهما يمثل المكون الأقل تركيزاً أو المذيب بينما الإحداثي الأيسر يمثل المكون الأعلى تركيزاً أو المادة المذابة ويصل بينهما إحداثي أفقي يستخدم في معرفة مكونات المحلول النهائي المطلوبة ويبدأ صفر تدريجه عند التقائه بالإحداثي الأيمن. ويمكن إيضاح ذلك بالأمثلة التالية.

١- خفض تركيز محلول:

مثال:

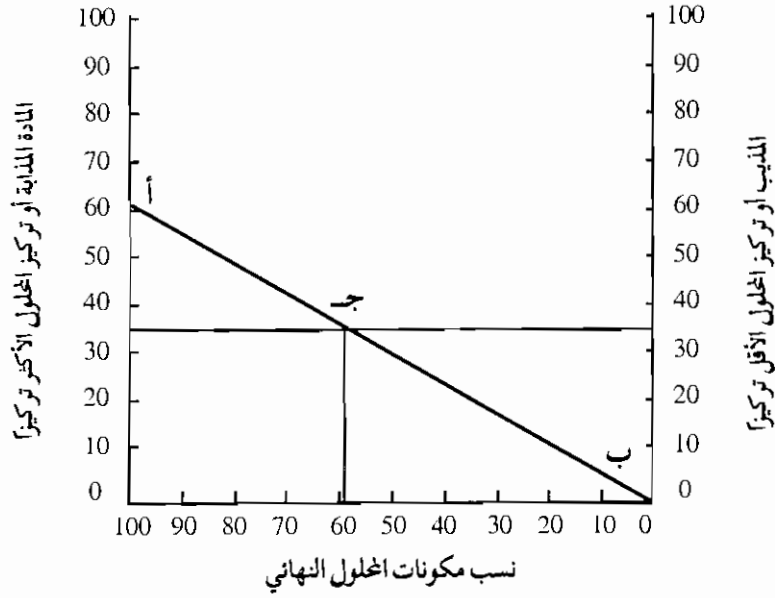
احسب كمية الماء اللازم إضافتها إلى محلول تركيزه 60% لتحضير 100 وحدة وزنية من محلول 35% .

الحل:

يتم الحل بإتباع الخطوات الآتية:

- 1- نرسم خط أفقي بين الإحداثيين الرأسيين عند التركيز النهائي المطلوب وهو 35% .
- 2- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيسر نقطة (أ) وهي تركيز المحلول المركز (60%) .
- 3- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيمن نقطة (ب) وهي تركيز المذيب (صفر %) .
- 4- نصل ما بين النقطتين (أ، ب) بخط مستقيم حيث يقطع الخط الذي يمثل التركيز المطلوب في المحلول النهائي في النقطة (جـ) .
- 5- نسقط من نقطة التقاطع (جـ) عمود رأسي يقابل الإحداثي الأفقي في نقطة يمكن منها معرفة نسب المكونات اللازمة لتحضير 100 وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الأيمن من الخط نسبة المكون الأكبر تركيزاً أما الجانب الأيسر منه يمثل نسبة المكون الأقل تركيزاً.

ويتضح لنا من الشكل (23) أنه يلزم 58 وحدة وزنية من المحلول 60٪ مع 42 وحدة وزنية من الماء لنحصل على 100 وحدة وزنية من محلول تركيزه 35٪.



شكل (23) خفض تركيز محلول باستخدام الطريقة المباشرة

ب- رفع تركيز محلول:

مثال:

احسب كمية المادة الصلبة اللازم إضافتها لمحلول تركيزه 40٪ لتحضير 100 وحدة وزنية من محلول تركيزه 60٪.

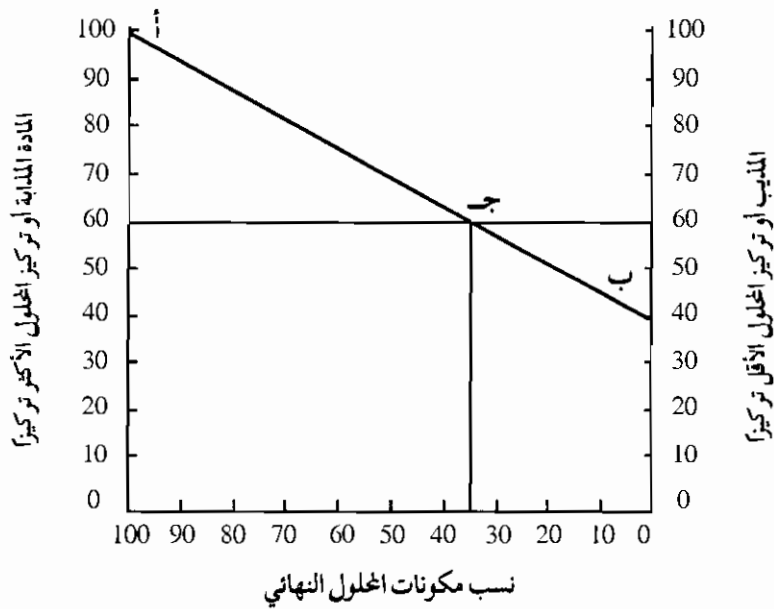
الحل:

يتم الحل باتباع الخطوات الآتية:

1- نرسم خط أفقي يصل بين الإحداثيين الرأسيين عند تركيز 60٪ وهو التركيز المطلوب النهائي.

2- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيسر نقطة (أ) وهي تركيز المادة الصلبة (100٪).

- 3- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيمن نقطة (ب) وهي تركيز المحلول (40 %).
- 4- نصل ما بين النقطتين (أ ، ب) بخط مستقيم فيقطع الخط الذي يمثل التركيز المطلوب في المحلول النهائي في النقطة (جـ).
- 5 - نسقط من نقطة التقاطع (جـ) عمود رأسي يقابل الإحداثي الأفقي في نقطة يمكن عندها معرفة المكونات اللازمة لتحضير 100 وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الأيمن من الخط نسبة المكون الأكبر تركيزاً أما الجانب الأيسر منه يمثل نسبة المكون الأقل تركيزاً. حيث نجد أنه لتحضير 100 وحدة وزنية من المحلول ذو التركيز 60٪ نحتاج إلى 33 وحدة وزنية من المادة الصلبة (سكر) مع 67 وحدة وزنية من المحلول 40٪ ويظهر ما سبق في شكل (24).



شكل (24) رفع تركيز محلول باستخدام الطريقة المباشرة

ج- خلط محلولان:

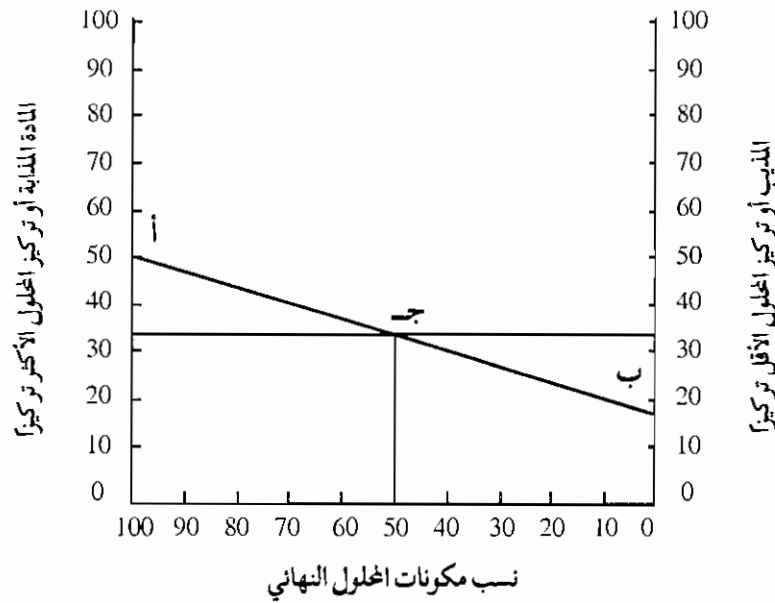
مثال:

احسب الكمية اللازمة من كل من المحلولين 20٪، 50٪ لتحضير 100 وحدة وزنية من محلول 35٪.

الحل:

يتم الحل باتباع الخطوات الآتية:

- 1- نرسم خط أفقي يصل بعد الإحداثيين الرأسيين عند تركيز 35% وهو التركيز النهائي المطلوب.
- 2- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيسر نقطة (أ) وهي تركيز المحلول المركز 750% .
- 3- يحدد على الإحداثي الرأسي الأيمن نقطة (ب) وهي تركيز المحلول المخفف 20% .
- 4- نمد خط بين الإحداثيين الرأسيين يصل بين النقطتين (أ، ب) حيث يقابل الخط الذي يمثل التركيز المطلوب للمحلول النهائي في النقطة (ج).
- 5- نسقط من النقطة (ج) خط عمودي على الإحداثي الأفقي في نقطة يمكن منها معرفة نسب المكونات اللازمة لتحضير 100 وحدة وزنية من المحلول النهائي بالتركيز المطلوب حيث يمثل الجانب الأيمن من الخط نسبة المكون الأقل تركيزاً أما الجانب الأيسر منه فيمثل نسبة المكون الأكثر تركيزاً حيث يتضح أننا نحتاج إلى مزج 50 وحدة وزنية من المحلول 750% مع 50 وحدة وزنية من المحلول 20% لنحصل على 100 وحدة وزنية من المحلول 35% ويمكن إيضاح ما سبق في شكل (25) .



شكل (25) خلط محلولان باستخدام الطريقة المباشرة

خامساً: ميزان المادة: Material balance

في جميع الطرق السابقة اتضح أننا نستخدم مادتين فقط الأعلى تركيزاً مادة صلبة أو محلول مرتفع التركيز والثانية ماء أو محلول منخفض التركيز ويراد معرفة الوزن النهائي لمحلول واحد فقط ناتج من استخدام المادتين. ولكن في عمليات التصنيع الغذائي يتطلب الأمر استخدام أكثر من مادتين لإنتاج مادة أو أكثر وبالتالي لا نستطيع استعمال ما سبق من طرق في حساب المكونات لذلك يمكن الاستعانة بطريقة ميزان المادة التي تعتمد على قانون عدم فناء المادة الذي ينص على «أن المادة لا تفني ولا تخلق من عدم».

وحيث أن المواد الغذائية تتكون من جزئين أساسيين الجزء الأول مادة صلبة والجزء الثاني مادة سائلة فيمكن استخدام العلاقات التالية عند استعمال ميزان المادة.

الميزان الإجمالي:

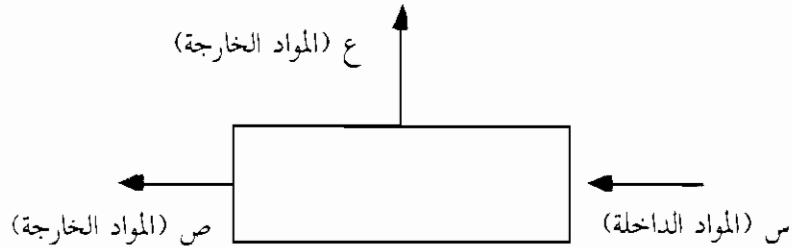
$$\text{مجموع المواد الداخلة} = \text{مجموع المواد الخارجة} .$$

ميزان المواد الصلبة:

$$\text{مجموع المواد الصلبة الداخلة} = \text{مجموع المواد الصلبة الخارجة}$$

ميزان المواد السائلة:

$$\text{مجموع المواد السائلة الداخلة} = \text{مجموع المواد السائلة الخارجة}$$

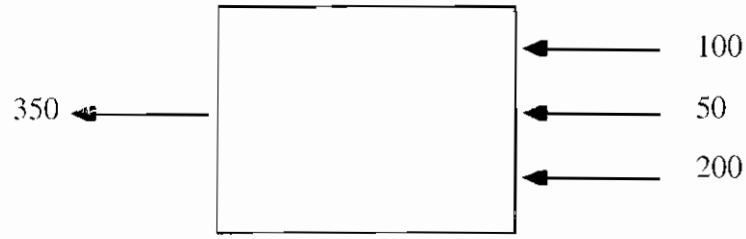


استخدام أكثر من مادتين لإنتاج مادة واحدة:

مثال:

احسب التركيز الناتج من خلط 100 كيلو جرام محلول سكري بتركيز 40% مع 50 كيلو جرام محلول سكري بتركيز 60% مع 200 كيلو جرام سكر.

الحل:



الميزان الإجمالي

$$350 \leftarrow 200 + 50 + 100$$

ميزان المواد الصلبة

$$\frac{\text{ص}}{100} \times 350 = \frac{100}{100} \times 200 + \frac{60}{100} \times 50 + \frac{40}{100} \times 100$$

إذن ص = 77.14 تركيز المواد الصلبة في المحلول الجديد

أو ميزان المواد السائلة

$$\frac{\text{ع}}{100} \times 350 = \frac{0}{100} \times 200 + \frac{40}{100} \times 50 + \frac{60}{100} \times 100$$

إذن ع = 22.86

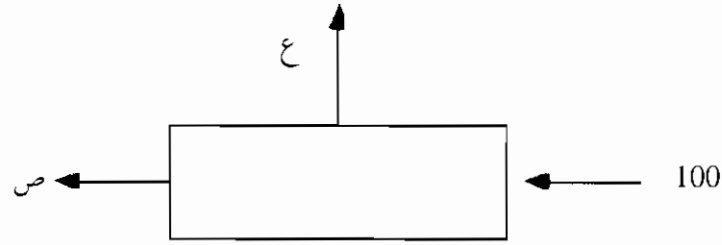
إذن تركيز المواد الصلبة في المحلول الجديد = 22.86 - 100 = 77.14

استخدام مادة لإنتاج أكثر من مادة:

مثال:

احسب وزن المحلول الناتج من تركيز 100 كيلو جرام محلول سكري بتركيز 15% إلى 50% مع حساب وزن الماء الناتج أثناء عملية التركيز.

الحل:



الميزان الإجمالي

$$100 \leftarrow \text{ص} + \text{ع}$$

ميزان المواد الصلبة

$$\frac{50}{100} \times \text{ص} = \frac{15}{100} \times 100$$

إذن ص وزن المحلول الجديد = 30 كيلو جرام

ميزان المواد السائلة

$$\frac{100}{100} \times \text{ع} + \frac{50}{100} \times 30 = \frac{85}{100} \times 100$$

إذن ع وزن الماء أثناء التركيز = 70 كيلو جرام.

أو ع =

$$\text{ع} + 30 = 100$$

∴ ع = 70 كيلو جرام .

المراجع

أولاً: باللغة العربية:

- سعد أحمد سعد حلابو، عادل زكي محمد بديع، محمود علي أحمد بنيت (2008) تكنولوجيا الصناعات الغذائية، أسس حفظ وتصنيع الأغذية الطبعة الثانية، المكتبة الأكاديمية - الدقي - الجيزة - جمهورية مصر العربية.
- سعد أحمد حلابو، عوض عباس رجب (1995)، أغذية ومشروبات. الجزء الثاني، مطبعة كلية الزراعة، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية.
- حسين علي موصلي (2001)، تصنيع وحفظ المياه الغازية والبيرة غير الكحولية. الطبعة الأولى، دار علاء الدين - دمشق - سوريا.

ثانياً: باللغة الأجنبية:

- A. O. A, C (2000) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Published by A. O. A, C International Maryland, USA.
- Cruess, W. V. (1958), Commercial fruit and vegetable products. Mc. Graw Hill Book Co. INC New York.
- Joslyn, M. A. (1954). Blending formulate and syrup algebra. In The Chemistry and technology of fruit and vegetable Juice production. by Tressler, D. K and Joslyn, M. A. The AVI Publishing Company, Inc. New York.
- Joslyn, M. A; and Laven, A. S. (1958). Nomographs simplify syrup calculations. Food Eng. 30. No 9. 108 - 110.
- Kumli, K. (1980). Fundamentals of chemisrty. D. Van Nostrand Company. New York, London, Toronto.

- Pavia, D. L; Lampman, G. M; and Kriz, G. S. (1976). Introduction to organic laboratory techniques, a contemporary approach. W. B Saunders Company, Philadelphia. London, Toronto.
- Ranganna, S. (1977). Manual of analysis of fruit and vegetable products Tata McGraw - Hill Publishing Company Limited New Delhi.
- Shapiro. S. and Gurvich, Ya. (1972). Analytical chemistry. Mirpublishers. Moscow.
- Tressler, D. K. and Joslyn, M. A. (1961), Fruit and vegetable Juice processing technolgy. The AVI Publishing Company Inc. New York.
- Zapsalis, C. and Beck, R.A, (1985), Food chemistry and nutritional biochemistry. Published by John Wiley and Sons. Inc. New York.



الفصل الثانى

فساد الاغذية

الدكتور محمود على بخيت

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي salamalhelali@yahoo.com

فساد الأغذية

مقدمة:

تواجه الأغذية بأنواعها المختلفة مشاكل عديدة تؤدي إلى فقد في عناصر الجودة بها مثل الطعم واللون والرائحة والقوام وكذلك فقد في قيمتها الغذائية خاصة في الفيتامينات وقد يصل الأمر في النهاية إلى حدوث تغيرات جوهريّة في صفات وخصائص الغذاء بحيث يصبح غير صالح للاستهلاك الآدمي ويرجع هذا إلى أن معمم الأغذية بمجرد الحصول عليها بعد الحصاد (الخضر والفاكهة) أو بعد الذبح (الحيوانات والدواجن) أو بعد الصيد (الأسماك) تفقد الحماية الطبيعية التي حباها بها الله الأمر الذي يتيح الفرصة لحدوث الأنشطة المفسدة للغذاء بأنواعها المختلفة.

ولهذا أصبح من المهم ومن الضروري أن نعرف أسباب وأنواع ومظاهر الفساد في الأغذية على اختلاف أنواعها حتي يمكن السيطرة على العوامل المسببة للفساد وبهذا يمكن الحصول على الغذاء في كل وقت بأعلى درجة ممكنة من الجودة.

ويتطلب الأمر من كل المتعاملين مع الغذاء سواء من خلال عمليات التصنيع أو الحفظ أو من خلال مراقبة الجودة أن يكونوا على دراية كافية بعوامل الفساد وكيفية التغلب عليها والقيمة الغذائية لكل نوع من الأغذية وكيفية المحافظة عليها وكذلك الإلمام الكافي بالاشتراطات الصحية اللازم توافرها في مصانع الأغذية ومعرفة كيفية المحافظة على صفات الجودة المرغوبة في المنتج بداية من حصاد المنتج ووصوله إلى مكان التصنيع وأثناء مراحل التصنيع المختلفة وانتهاءً بعملية التخزين وما يتطلبه ذلك من إلمام بالمواصفات القياسية الخاصة بالمنتج (المحلية والدولية) وكذلك معرفة القوانين الخاصة بالغش والتدليس (المحلية والدولية) بالإضافة إلى الإلمام الكافي بعلوم التغذية والميكروبيولوجي وتحليل الأغذية.

ولتوضيح ذلك نجد أن القانون رقم 10 الصادر عام 1966 بشأن مراقبة الأغذية وتنظيم تداولها في مصر يحظر تداول الأغذية في الأحوال التالية:

- 1- إذا كانت غير مطابقة للمواصفات الواردة في التشريعات النافذة.
 - 2- إذا كانت غير صالحة للاستهلاك الآدمي.
 - 3- إذا كانت مغشوشة.
- وكذلك ينص هذا القانون على أن الأغذية تعتبر غير صالحة للاستهلاك الآدمي في الأحوال الآتية:
- 1- إذا كانت ضارة بالصحة.
 - 2- إذا كانت فاسدة أو تالفة.
- ويوضح القانون الأحوال التي تعتبر فيها الأغذية ضارة بالصحة كمايلي:
- 1- إذا كانت ملوثة بميكروبات أو طفيليات من شأنها إحداث المرض بالإنسان.
 - 2- إذا كانت تحتوي على مواد سامة تحدث ضرراً لصحة الإنسان (أكثر من الحدود المسموح بها).
 - 3- إذا تداولها شخص مريض بأحد الأمراض المعدية التي تنتقل عدواها إلى الإنسان.
 - 4- إذا كانت ناتجة من حيوان مريض بأحد الأمراض التي تنتقل إلى الإنسان أو من حيوان نافق.
 - 5- إذا امتزجت بالأتربة أو الشوائب بنسبة تزيد على النسب المقررة أو يستحيل معه تنقيتها منها.
 - 6- إذا احتوت على مواد ملوثة أو مواد حافظة أو أية مواد أخرى محظور استعمالها.
 - 7- إذا كانت عبواتها أو لفائفها تحتوي على مواد ضارة بالصحة.
- وقد عرف هذا القانون أيضاً الأغذية الفاسدة أو التالفة وحدد ذلك في الحالات الآتية:
- 1- إذا تغير تركيبها أو تغيرت خواصها الطبيعية من حيث الطعم أو الرائحة أو المظهر نتيجة للتحلل الكيماوي أو الميكروبي.
 - 2- إذا انتهى تاريخ استعمالها المحدد المكتوب في بطاقة البيان الملصق على عبواتها.
 - 3- إذا احتوت على يرقات أو ديدان أو حشرات أو فضلات أو مخلفات حيوانية.

عوامل فساد الأغذية:

توجد عدة عوامل مسئولة عن فساد الأغذية وهي العوامل الحيوية والعوامل الكيميائية والعوامل الطبيعية.

1- العوامل الحيوية:

وهذه تشمل الأحياء الدقيقة بأنواعها المختلفة من فطريات وخمائر وبكتريا وكذلك الإنزيمات التي قد يكون مصدرها الغذاء نفسه أو مصدرها الأحياء الدقيقة السابق ذكرها حيث تقوم بإفراز أنواع عديدة من الإنزيمات في الغذاء أثناء نشاطاتها المختلفة.

بالنسبة للأحياء الدقيقة فإن نموها ونشاطها في الغذاء يؤدي إلى حدوث تغيرات غير مرغوبة قد تكون ظاهرة يمكن رؤيتها أو غير ظاهرة لا يستدل عليها إلا بالتحليل باستخدام الأجهزة العلمية وتؤدي هذه التغيرات إلى أن يصبح الغذاء غير صالح للاستهلاك الآدمي. ومن أمثلة ذلك نمو الفطريات على سطح الغذاء كما يحدث في حالة الخبز وهذا النوع من الفساد يسمى العفن ويظهر في صورة نموات قطنية أو زغبية ذات ألوان مختلفة. كذلك نموات الخميرة والبكتريا تظهر في صورة بقع صغيرة على سطح الأغذية.

ومن أمثلة الفساد غير الظاهر ما يحدث من بعض أنواع الأحياء الدقيقة ذات المقدرة على إفراز أنواع من السموم الممرضة أو القاتلة مثل بعض أنواع الفطريات المفترسة لمجموعة من المركبات السامة يطلق عليها الميكوتوكسينات وهي تشمل أنواع عديدة مثل الأفلاتوكسينات والأكراتوكسينات وغيرها وهذه المركبات تسبب أضراراً صحية جسيمة على المدى الزمني الطويل نظراً لتراكمها داخل جسم الإنسان حيث تؤثر على الكبد والكلية.

كذلك أنواع البكتريا التي تسبب حدوث التسمم البوتيولين حيث تفرز أنواعاً من السموم في الغذاء تؤدي إلى موت المصاب خلال فترة وجيزة إذا لم يتم إسعافه بسرعة بالمصل المضاد ونذكر في هذا المجال ما يحدث من تسمم لبعض الأفراد من تناول الفسيخ بتأثير هذه السموم. وهناك أيضاً التسمم العنقودي الذي يحدث بسبب إفرازات بعض أنواع البكتريا وأعراض هذا التسمم تتمثل في حدوث إسهال ومغص وقيء وتزول هذه الأعراض مع العلاج بمضى الوقت ويحدث هذا النوع من التسمم في معظم الأحيان من تناول الأغذية الغنية بالكريمات والزبدة مثل التورتة والجاتوه... إلخ. كذلك التسمم بالسالمونيلا وهو

يحدث من تناول الدواجن والبيض ومنتجاته المحملة بأعداد كبيرة من الميكروب وتظهر الأعراض بعد تناول الغذاء بعدة ساعات وأحياناً عدة أيام وهي تشبه أعراض حمى التيفود ولا تحدث وفيات بسببه إلا فيما ندر.

بالإضافة إلى ما سبق فإن الأحياء الدقيقة أثناء نموها ونشاطها في الغذاء تقوم بإفراز العديد من الإنزيمات فضلاً عن احتواء الغذاء نفسه على هذه الإنزيمات كجزء من تركيبه الطبيعي وهذه الإنزيمات عبارة عن مواد بروتينية تقوم بدور العامل المساعد في العديد من التفاعلات التي تؤدي في النهاية إلى إفساد الغذاء وتغير صفاته ومن أمثلة ذلك:

* التخمر الذي يحدث في الأغذية السائلة المرتفعة في نسبة السكر مثل عصير القصب وعصير العنب... إلخ نتيجة حدوث تحلل للسكريات وإنتاج الكحول وغاز ثاني أكسيد الكربون بفعل الإنزيمات التي تفرزها الخمائر.

* التزنخ الذي يحدث للأغذية الغنية بالمواد الدهنية نتيجة نشاط بعض الإنزيمات - مثل إنزيم الليبيز - التي تقوم بتحليل الدهون الأمر الذي ينتج عنه انفراد الأحماض الدهنية في صورة حرة والتي تتعرض بدورها إلى عمليات أكسدة وتتكون مركبات رائحتها غير مرغوبة.

* تحلل الأغذية البروتينية وتكون مركبات ضارة صحياً مثل الاندول والفينولات وغازات كبريتيد الأيدروجين والأمونيا وثاني أكسيد الكربون والأيدروجين وتتكون رائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد ويحدث هذا كله نتيجة لنشاط الإنزيمات المحللة للبروتينات.

* الطراوة والليونة التي تحدث في الأغذية النباتية مثل الخضر والفاكهة نتيجة نشاط الإنزيمات المحللة للمواد البكتينية والتي تسبب أيضاً حدوث ظاهرة الترويق في العصائر الطبيعية وكذلك هري المخللات.

* التغيرات التي تحدث في اللون في بعض الخضر والفاكهة مثل البطاطس والموز والتفاح والكمثرى والمشمش حيث يتكون لون بني أو أسود نتيجة لنشاط بعض الإنزيمات المؤكسدة مثل إنزيم البولي فينول أوكسيداز الذي ينشط على المواد الفينولية الموجودة طبيعياً في أنسجة بعض أنواع الفاكهة والخضروات في وجود الأكسجين الذي قد يكون مصدره البيئة المحيطة بالغذاء أثناء التنصيع أو الأنسجة الداخلية للفاكهة كما في التفاح والموز ومن خلال عدة تفاعلات يتكون اللون البني أو الأسود مما يكسب هذه الأغذية

مظهراً وطعماً ورائحة غير مرغوبة. كذلك الفقد في اللون نتيجة نشاط بعض الإنزيمات على بعض أنواع الصبغات مثل صبغة الكلوروفيل الخضراء التي تتحول إلى مشتق لونه بني بفعل إنزيم الكلوروفيليز.

* الفقد في القيمة الغذائية نتيجة لنشاط بعض الإنزيمات المؤكسدة التي تقوم بتكسير الفيتامينات مثل فيتامين (أ) و(ج).

وهكذا يتضح مما سبق أن الإنزيمات سواء كان مصدرها الغذاء نفسه أو الأحياء الدقيقة الملوثة له مسؤولة عن العديد من التغيرات غير المرغوبة التي تؤثر على صفات الجودة أو القيمة الغذائية .

وجدير بالذكر أن بعض هذه الإنزيمات يكون لها استخدامات مفيدة وتقوم عليها صناعات عديدة ليس هنا مجال الحديث عنها.

2- العوامل الكيميائية:

يحدث الفساد الكيماوي في الأغذية نتيجة حدوث بعض التفاعلات الكيميائية بين مكونات الغذاء وبعضها أو مع الأكسجين أو مع الأدوات والمعدات التي تلامس الغذاء أثناء تداول أو تصنيع أو تعبئة الغذاء أو مع العبوة نفسها.

ومن أمثلة هذه التفاعلات التزنخ الأكسيدي للزيوت والدهون نتيجة تفاعل الأحماض الدهنية الحرة مع الأكسجين وكذلك أكسدة بعض الفيتامينات مثل فيتامين (أ) و (ج) وأيضاً أكسدة بعض الصبغات مثل صبغات الكاروتينات التي تفقد لونها الأصفر وتتحول إلى مركبات عديمة اللون وكذلك أكسدة المواد الثانوية وتكون لون بني أو أسود، وكلها تفاعلات تتم بين مكونات الغذاء مع الأكسجين وتكون نتائجها التأثير على جودة الغذاء أو قيمته الغذائية.

وهناك أيضاً التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين مكونات الغذاء والمعادن مثل الحديد الذي قد يكون مصدره العبوة أو آلات التصنيع والذي يتفاعل مع التانينات الموجودة في الغذاء وتكون تانينات الحديد ذات اللون الأسود وقد يتفاعل مع المركبات الكبريتية الموجودة في بروتينات الغذاء ويتكون كبريتيد الحديد ذو اللون الأسود أيضاً. وقد تتفاعل الأحماض الموجودة في تركيب الغذاء مع معدن العلبة مما يؤدي إلى حدوث تآكل لجدران العلبة.

ومن أمثلة التفاعلات التي تحدث لمكونات الغذاء تحول مادة الكلوروفيل ذات اللون الأخضر بتأثير الحرارة إلى مركب الفيوغيتين ذو اللون القاتم غير المرغوب. ولا يخلو الأمر من حدوث بعض التفاعلات المرغوبة في بعض الأحيان مثل تفاعل ميلارد الذي يحدث على درجات حرارة عالية بين الأحماض الأمينية والسكريات المختزلة وهو المسئول عن تكون اللون البني عند تدميس الفول وتحميص البن.

وهكذا نجد أن تأثير التفاعلات الكيميائية بأنواعها المختلفة ينصب أساساً على صفات الجودة والقيمة الغذائية والقابلية للاستهلاك. ولكن الخطر الأكبر والذي يمثل تهديداً كبيراً لصحة الإنسان هو احتواء الغذاء على مواد كيميائية ضارة بأكثر من النسب المسموح بها مثل بقايا المبيدات والمطهرات والمواد القاتلة للآفات والحشرات وهرمونات النمو والعناصر الثقيلة مثل الرئيق والرصاص والبارصين وكذلك المواد الحافظة مثل النترات والنيترت و مواد النكهة مثل جلوتامات الصوديوم الأحادية والمواد الملونة وبقايا مواد التنظيف التي تستخدم في تنظيف الآلات والمعدات وأواني التصنيع... كل هذه المواد لا بد من التأكد من أن تركيز أي منها لا يتعدى المسموح به لضمان سلامة الغذاء من وجهة النظر الصحية وهو ما لا يمكن معرفته إلا من خلال التحاليل الدقيقة باستخدام الأجهزة والطرق الحديثة التي يمكنها أن تقيس تركيزات هذه المواد بأجزاء في المليون أو أجزاء في البليون إذا إقتضى الأمر خاصة أن تأثير هذه المواد على الصحة في معظم الأحوال لا يظهر في الحال بحيث يمكن تدارك الخطر وإنما يكون تأثيرها بطيئاً وتراكماً على أنسجة الجسم المختلفة الأمر الذي قد يسبب أمراضاً سرطانية أو يؤثر على وظائف الكلى والكبد والقلب.

3- العوامل الطبيعية:

يحدث الفساد الطبيعي نتيجة حدوث بعض التغيرات الطبيعية التي تؤثر على صفات المادة الغذائية مثل فقد جزء من المحتوى المائي للخضر والفاكهة مما يؤدي إلى تعرضها لحدوث ظاهرة الذبول. كذلك ظاهرة البيات أو التجلد في الخبز. وظاهرة التسكير في بعض المنتجات المرتفعة في نسبة السكر مثل المربى حيث تنفصل بللورات السكر على سطح المحلول وتكسب المربى مظهراً غير مقبول للمستهلك. كذلك قد تتعرض الأغذية للتلف أو الفساد نتيجة الإصابة بالآفات والحشرات. كذلك حدوث كدمات أو تهشم للثمار يعرضها للتلوث بالميكروبات ويفتح الطريق أمام الفساد الحيوي والكيميائي بكل أنواعه بالإضافة إلى ذلك فإن

إصابة النباتات ببعض الأمراض النباتية تؤدي أيضاً إلى التأثير على صفات الجودة للخضر والفاكهة وقد تصبح غير صالحة للاستهلاك.

بالإضافة إلى ذلك فإن الأغذية قد تحتوي على أجزاء صغيرة من الحصى أو شظايا زجاجية أو أجزاء معدنية تصل إلى الغذاء من البيئة المحيطة أثناء نمو النبات أو أثناء التصنيع أو التعبئة ولهذا فإن خطوات الإعداد والتصنيع للغذاء لابد أن تأخذ في اعتبارها التخلص من هذه المواد عن طريق عمليات التنظيف والغربلة والفرز وخاصة استخدام كاشف المعادن الإلكتروني (المغناطيس) للتخلص من الأجزاء المعدنية الدقيقة.

بصفة عامة يمكن تقسيم الأغذية حسب قابليتها للفساد إلى ثلاث مجاميع رئيسية:

- 1- **أغذية سريعة الفساد:** وهي الأغذية التي ترتفع فيها نسبة الرطوبة إلى الدرجة التي تسمح بحدوث الأنشطة الميكروبية والأنزيمية وكذلك التفاعلات الكيميائية بمعدلات سريعة مثل العصائر والألبان والأسماك واللحوم والخضر والفاكهة العصرية وهذه الأغذية تتراوح مدة بقائها بدون تلف تحت ظروف الجو العادية بين عدة ساعات إلى عدة أيام.
- 2- **أغذية بطيئة الفساد:** وفي هذا النوع من الأغذية تطول مدة البقاء بدون تلف أو فساد تحت الظروف العادية حيث تصل إلى عدة أسابيع أو عدة أشهر حسب نوعها وتمتاز هذه الأغذية بتركيب معين يوفر لها قدر من الحماية مثل وجود قشرة سميكة كما في حالة البطيخ والتفاح والبرتقال والمان أو انخفاض نسبة الرطوبة الحرة كما في حالة البطاطس.
- 3- **أغذية عديمة الفساد تقريباً:** وهي مجموعة الأغذية الجافة مثل الحبوب والتوابل حيث تنخفض فيها نسبة الرطوبة إلى الحد الذي لا يسمح بحدوث الأنشطة الميكروبية أو الإنزيمية كما أن معدل حدوث التفاعلات الكيميائية يكون في أقل الحدود الممكنة وينطبق ذلك أيضاً على الأغذية المجففة مثل البسلة والفاصوليا والبصل والثوم والبلح والتين والزبيب وقمر الدين... إلخ.

ومن خلال ما سبق يتضح لنا أن المحافظة على جودة الأغذية وكذلك قيمتها الغذائية من وقت الحصول عليها حتى وقت استهلاكها وكذلك إطالة فترة بقائها صالحة للاستهلاك بحيث يمكن الحصول عليها في غير مواسم إنتاجها سواء على صورتها الأصلية أو في صورة أخرى مصنعة أو محفوظة - كل ذلك - يتطلب السيطرة على عوامل الفساد

بمختلف أنواعها وذلك من خلال جعل الظروف غير ملائمة لحدوث هذه الأنشطة المفسدة ولهذا لا بد من معرفة ودراسة الاحتياجات والظروف المناسبة لحدوث هذه الأنشطة حتى يمكن التحكم فيها بالصورة التي تمكننا من وقف حدوث هذه الأنشطة أو إبطاء معدل حدوثها لأقصى درجة ممكنة.

فمثلاً بالنسبة للأحياء الدقيقة التي تسبب تلف وفساد الأغذية نجد أنها تنقسم إلى ثلاثة مجاميع رئيسية هي البكتريا والخمائر والفطريات تختلف فيما بينها من حيث الظروف والاحتياجات اللازمة لنموها ونشاطها. فمن حيث الاحتياجات المائية نجد أن كمية الماء اللازم توفرها في الغذاء لكي تنشط هذه الأنواع من الأحياء الدقيقة تعتمد على ما يسمى بالنشاط المائي وهو عبارة عن النسبة بين ضغط بخار الماء لحجم معين من الغذاء على درجة حرارة معينة وضغط بخار الماء لحجم مساو من الماء النقي على نفس درجة الحرارة.

بالنسبة للبكتريا نجد أن الحد الأدنى من النشاط المائي اللازم لنموها هو 0.91 وبالنسبة للخمائر 0.88 والفطريات 0.8 ومن ناحية أخرى نجد أن النشاط المائي للأغذية الطازجة يقترب في معظم الأحوال من الواحد الصحيح (0.99) ولهذا فإن النمو والنشاط الميكروبي يحدث بسهولة مما يؤدي إلى فسادها بسرعة.

فيما يختص بالاحتياجات الهوائية نجد أن البكتريا منها أنواع لا يمكنها أن تنمو وتنشط إلا في وجود الهواء الجوي ولذا تصنف على أن هوائية حتماً ومنها أنواع لا هوائية حتماً وهي التي لا تنمو أو تنشط إلا في غياب الهواء الجوي والنوع الثالث هو البكتريا الاختيارية وهي ذات مقدرة على النمو في وجود أو غياب الهواء الجوي. في حالة الخمائر نجد أن سلوكها يختلف حسب الظروف حيث تتجه إلى النمو والتكاثر وزيادة الأعداد في حالة توافر الهواء الجوي في البيئة المحيطة أما في غياب الهواء فإنها تتجه إلى تخمير السكريات البسيطة مثل الجلوكوز والفركتوز والسكروز والمالتوز لكي تحصل على الطاقة اللازمة لبقائها ويعرف هذا السلوك للخمائر بتأثير باستير نسبة إلى العالم باستير الذي توصل إليه.

أما الفطريات فهي تعتبر هوائية حتماً أي أنها تحتاج إلى الهواء لكي تنمو وتنشط.

وبالنسبة للاحتياجات الحرارية نجد أن البكتريا بعضها محب للحرارة ودرجة الحرارة المثلى لنشاطها تتراوح بين 50 - 60° م وبعضها محب للبرودة ودرجة الحرارة المثلى لها تقع بين 10 - 20° م وهناك البكتريا الوسطية ودرجة الحرارة المثلى لها تتراوح بين 20 - 45° م أما

بالنسبة للخمائر والفطريات نجد أنها تحتاج إلى درجة حرارة متوسطة لتصل إلى أقصى نشاط لها حيث تتراوح درجة الحرارة المثلى لها بين 25 - 30 ° م .

ودرجة حموضة الغذاء أو ما يعبر عنه بدرجة الـ PH تعتبر أيضاً من العوامل الهامة المؤثرة على نمو ونشاط الأحياء الدقيقة في الأغذية فمثلاً تنشط الخمائر والفطريات في الأغذية الحامضية ذات درجة الـ PH في حدود 3.5 بينما تفضل معظم أنواع البكتيريا الوسط المتعادل وتنشط على درجات PH في حدود 6.5 - 7.5 .

وبالنسبة للعوامل الأخرى المسببة لفساد الأغذية مثل الإنزيمات والتفاعلات الكيميائية فإنها تحتاج أيضاً إلى توافر الماء والأكسجين لكي تقوم بدورها كما أن درجة الحرارة تؤثر أيضاً في معدل حدوث التغيرات والتفاعلات التي تحدث بتأثير هذه العوامل .

واعتماداً على الحقائق السابق ذكرها يمكن أن نستخلص الأسس التي يعتمد عليها حفظ الأغذية ومنع فسادها والمحافظة على صفات جودتها من التدهور بفعل الأنشطة المفسدة كما يلي:

1- خفض النشاط المائي إلى الحد الذي لا يسمح بحدوث النشاط الميكروبي أو الإنزيمي وحد الأمان في هذه الحالة يصل إلى 0.6 وهذا هو أساس حفظ الأغذية بالتجفيف حيث يتم استخدام الحرارة بطريقة ما للتخلص من معظم المحتوى المائي للمادة الغذائية فمثلاً يتم تجفيف الخضروات بحيث تصبح نسبة الرطوبة بها حوالي 4 - 6 ٪ وتجفف الفاكهة إلى مستوى رطوبة في حدود 18 - 23 ٪ وهذه النسب من الرطوبة تحقق الوصول إلى نشاط مائي للغذاء في حدود (0.6) وهو الحد اللازم لمنع نمو ونشاط الأحياء الدقيقة ووقف النشاط الإنزيمي بينما تستمر التفاعلات الكيميائية في الحدوث ولكن بمعدل بطيء جداً حيث أن وقفها تماماً يحتاج إلى خفض النشاط المائي إلى حوالي 0.2 - 0.3 وهو أمر يصعب تحقيقه حيث يؤثر تأثيراً ضاراً على صفات الجودة للغذاء المجفف ويؤثر على مقدرته على استعادة حالته الطبيعية عند إعادة الترطيب. وهذا يعني أن جودة الأغذية المجففة تتأثر بمرور الوقت نتيجة استمرار حدوث التفاعلات الكيميائية ولذلك تحدد فترة صلاحية لكل نوع من هذا الأغذية حسب معدل حدوث هذه التفاعلات وتأثيرها على جودة الغذاء.

2- خفض درجة حرارة الغذاء إلى الحد الذي يجعل النمو الميكروبي والنشاط الإنزيمي

ومعدل حدوث التفاعلات الكيميائية في أقل الحدود الممكنة وهذا هو أساس حفظ الأغذية بالتبريد وهي تعتبر وسيلة حفظ مؤقتة يتم فيها خفض درجة الحرارة إلى 5°C - وهذا يتيح للغذاء أن يظل محتفظاً بجودته لمدة قصيرة تتراوح بين عدة أيام إلى عدة أسابيع وإطالة فترة الحفظ أكثر من ذلك يلزم خفض درجة الحرارة أكثر عن ذلك بحيث يتم تجميد المحتوى المائي للغذاء فيصبح غير متاح للاستخدام بواسطة العوامل المفسدة فمثلاً خفض درجة الحرارة إلى 10°C م يكفي لوقف النمو والنشاط الميكروبي بينما وقف النشاط الإنزيمي يحتاج إلى 18°C م وتستمر في جميع الأحوال التفاعلات الكيميائية في الحدوث ولكن بمعدل بطيء حتى لو انخفضت درجة حرارة الغذاء إلى 29°C م حيث أنه حتى على هذه الدرجة المنخفضة يظل حوالي 8% من الماء في صورة غير مجمدة وبالتالي يمكن لبعض التفاعلات الكيميائية أن تحدث ولكن ببطء شديد.

3- رفع درجة حرارة الغذاء إلى الدرجة التي تؤدي إلى قتل معظم الأحياء الدقيقة خاصة تلك المسببة للفساد أو الأمراض وهذا هو أساس حفظ الأغذية بطريقة البسترة في الأغذية السائلة مثل اللبن والعصائر أو الحفظ بطريقة التعقيم كما في حالة المعلبات الغذائية وهذه المعاملات الحرارية تؤدي أيضاً إلى القضاء على النشاط الإنزيمي ولكنها من ناحية أخرى تساعد في حدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي قد تؤثر على صفات الجودة والقيمة الغذائية بدرجة تختلف حسب شدة المعاملة الحرارية ونوع الغذاء وعوامل أخرى كثيرة.

4- التخلص من الأكسجين وبالتالي مع نمو ونشاط الأحياء الدقيقة الهوائية حتماً وكذلك منع حدوث التفاعلات الإنزيمية والكيميائية التي تحتاج توافر الأكسجين لحدوثها.

وهكذا نجد أن المعرفة الكافية والإلمام بكل الظروف المواتية لحدوث التلف والفساد في الأغذية بواسطة الأنشطة المفسدة باختلاف أنواعها يساعد كثيراً في عملية السيطرة والتحكم في معدل حدوث التلف والفساد وبالتالي المحافظة على صفات الجودة والقيمة الغذائية لأطول فترة ممكنة.

المراجع

- Farrer, K. T. H. (1987). A Guide to Food Additives and Contaminants. Parthenon Publishing Group, Park Ridge, NJ.
- Fellows, P. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice sec. ed, woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. Cambridge. England.
- Food and Agriculture organization of the United Nations and World Health organization. (1992). Codex Alimentarius.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and world Health organization, Rome.
- Halligan, A. C. (1987). Food spoilage - The Role of Microorganisms. Leatherhead Food Research Association.
- Jay, J. M. (1992). Microbial Food safety. Crit. Rev. Food Science. Nutr.31 (3): 177-190.
- Jay, J. M. (1992). Modern Food Microbiology. 4th ed. Chapman & Hall, London, New York.
- Karel, M. (1975). Water Activity and Food Preservation. In: O. R. Fenema (cd.). Principles of Food Science. Part (2). Marcel Dekker, New York, pp. 237-263 .
- Marriott, N. (1994). Principles of Food sanitation. 3 rd. ed. Chapman & Hall, London, New York.

- Moountney, J. G. and Gould, A. W. (1988). Practical Food Microbiology and Technology. AVI Book Published by Van Nestrand Reinhold Company.
- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science. 5th. ed. Chapman & Hall, New York.
- Troller, J. A. (1993), Sanitation in Food Processing. 2nd. ed. Academic Press, New York.



الفصل الثالث

الخطوات العامة لإعداد الخامات الغذائية لعمليات التصنيع أو الحفظ

الدكتور محمود علي بخيت

الخطوات العامة لإعداد الخامات الغذائية لعمليات التصنيع أو الحفظ

مقدمة:

الهدف الأساسي من عمليات تصنيع وحفظ الأغذية هو المحافظة على جودة الغذاء وعلى قيمته الغذائية وسلامته من الناحية الصحية من وقت الحصاد حتى وقت الاستهلاك ويتطلب ذلك السيطرة على عوامل الفساد التي سبق ذكرها في الفصل الثاني وجعل الظروف داخل الغذاء غير ملائمة لنشاطها وهكذا يمكن إطالة فترة صلاحية الغذاء للاستهلاك بحيث يمكن تواجده في غير موسمه أو على مدار العام كله.

وقبل أن نتطرق إلى مناقشة طرق الحفظ المختلفة المستخدمة مع الأغذية يجدر بنا أن نعرف نبذة تاريخية عن بدايات عملية الحفظ منذ القدم وكذلك معرفة مقومات صناعة حفظ الأغذية وأهمية التصنيع الغذائي وكذلك العلوم ذات الصلة الوثيقة بهذا المجال.

لقد بدأ حفظ الأغذية منذ القدم عن طريق التجفيف الشمسي الذي كان ولا يزال أبسط وأرخص طريقة لحفظ الأغذية وفي العصر الحديث تعتبر الحروب هي الباعث الأول والرئيسي للبحث عن طرق أخرى لحفظ الأغذية حتى يمكن تغذية الجيوش خاصة وأن الحروب كانت تستمر لفترات طويلة وفي أماكن صحراوية وبعيدة وقد بدأت المحاولات الأولى لابتكار طرق جديدة لحفظ الأغذية في بداية القرن التاسع عشر أثناء حروب نابليون بونابرت في أوروبا حيث أعلنت الحكومة الفرنسية وقتها عن جائزة لمن يتمكن من ابتكار طريقة تؤدي إلى إطالة عمر الغذاء في صورة صالحة للاستهلاك حتى يمكنها إمداد جيوشها البحرية والبرية بالغذاء وقد استطاع عامل فني يدعى Nicolas Appert بعد تجارب كثيرة أجراها على اللحوم والأسماك والفواكه والخضروات أن يطيل فترة بقاء هذه الأغذية صالحة للاستهلاك عن طريق معاملتها بالحرارة في عبوات زجاجية محكمة القفل وكان ذلك عام 1810م ولم يكن يدرك وقتها السبب في ذلك إلى أن جاء بعده العالم باستير Pasteur الذي

اكتشف وجود كائنات حية دقيقة تسبب فساد الغذاء وتموت بتأثير الحرارة الأمر الذي فسر ما توصل إليه نيكولاس أبيرت في محاولته لحفظ الغذاء بالمعاملة الحرارية وهكذا توالى الأبحاث والابتكارات ومع التقدم العلمي الكبير الذي حدث في مجال التصنيع للمعدات والآلات والأجهزة المنزلية أمكن التوصل إلى طرق عديدة لحفظ الأغذية مثل البسترة والتعليب والتبريد والتجميد والتجفيف الصناعي واستخدام المواد الكيميائية والإشعاع.

مقومات صناعة حفظ الأغذية:

لكي تنجح صناعة حفظ الأغذية هناك مجموعة من العوامل لابد من توافرها نذكرها فيما يلي:

- 1- توافر رأس المال اللازم والذي يختلف حجمه باختلاف طريقة الحفظ وحجم الانتاج والمكان.
- 2- توافر الخامات الغذائية المختلفة من خضروات وفواكه على مدار العام كله وبدرجة جودة مناسبة ووجود فائض يمكن استغلاله في التصنيع.
- 3- اختيار موقع المصنع بحيث يكون قريباً من أماكن توافر المواد الخام والقرب من المدن أو القرى الآهلة بالسكان.
- 4- توافر العمالة اللازمة بتكلفة مناسبة.
- 5- توافر القوى المحركة في صورها المختلفة من كهرباء وغاز ومازوت وسولار بالكميات والأسعار المناسبة.
- 6- توافر مصدر جيد للمياه النقية الصحية والتي تتوفر فيها شروط ومواصفات المياه الصالحة للشرب حيث تحتاج عمليات حفظ الأغذية إلى كميات كبيرة من المياه في مراحل التصنيع المختلفة.
- 7- توافر شبكة جيدة من الطرق والمواصلات حتى يسهل نقل المواد الخام إلى المصنع وكذلك نقل الانتاج إلى أماكن الاستهلاك وحتى يسهل أيضاً نقل الوقود والعمال.
- 8- توافر الشروط الصحية وعوامل الأمان في المكان مثل عدم وجود مصانع مجاورة تسبب تلوث البيئة المحيطة سواء عن طريق الأدخنة والغازات والروائح غير المقبولة أو عن طريق تصريف العوادم والمخلفات إلى مصادر المياه.

- 9- مراعاة توافر أماكن مناسبة للتخلص من مخلفات المصنع السائلة والصلبة بعد معالجتها حسب ما تقررره قوانين المحافظة على البيئة.
- 10- مراعاة وجود الأسواق والقوى الشرائية التي تستوعب ما يتم انتاجه سواء على المستوى المحلي أو الخارجي (التصدير).
- 11- مراعاة تصميم المصنع بطريقة سليمة بحيث يكون جيد التهوية والإنارة ومزود بالوسائل المناسبة لتصريف المياه والتخلص من الفضلات والمخلفات ومراعاة التوسع في المستقبل.
- 12- توافر الإدارة السليمة ذات الخبرة الكافية.

العلوم ذات الصلة بمجال حفظ الأغذية:

ترتبط عمليات حفظ وتصنيع الأغذية بالعديد من العلوم ارتباطاً وثيقاً مثل علوم الكيمياء بأنواعها المختلفة حيث نحتاج إلى معرفة التركيب الكيميائي للغذاء والعناصر المكونة له حتى يمكن إختيار طريقة الحفظ المناسبة التي لا تسبب حدوث تغيرات ملموسة في صفات الغذاء وقيمتة الغذائية بقدر الإمكان وكذلك دراسة الأنواع المختلفة من الإضافات التي تستخدم مع الأغذية كمصادر للطعم أو الرائحة أو اللون خاصة وأن معظم هذه المواد يتم تخليقها بطرق كيميائية حالياً نظراً لإرتفاع تكلفة المصادر الطبيعية كما تعتمد طرق مراقبة الجودة لتقييم المنتج النهائي أيضاً على الكثير من طرق التحليل والتقدير الكيميائية.

كذلك ترتبط عمليات حفظ الأغذية بضرورة الإلمام بعلوم الزراعة والإنتاج الزراعي وأمراض النبات بحيث يمكن الحصول على الخامات الزراعية مثل الخضر والفاكهة بأحسن صفات جودة ممكنة. بالإضافة إلى ذلك العلوم الوراثية التي تبحث في كيفية تحسين صفات الأصناف الموجودة من الخضر والفاكهة وسلالات الحيوانات والدواجن والعمل على استنباط أصناف وسلالات جديدة تتوافر فيها الصفات المرغوبة في الخامات الزراعية حتى تصبح أكثر ملائمة لعمليات التصنيع المختلفة.

كذلك فإن علم الميكروبيولوجي الذي يبحث في كل ما يتصل بالأحياء الدقيقة ونشاطها واحتياجات نموها والذي يلعب دوراً كبيراً في مجال حفظ الأغذية خاصة وأن الأحياء الدقيقة كما سبق وعرفنا تعتبر العامل الرئيسي المسبب لفساد الأغذية. وعلى الجانب

الآخر هناك أنواع كثيرة من الأحياء الدقيقة يمكن الاستفادة منها في مجال التصنيع الغذائي خاصة في مجال التخمرات حيث يوجد العديد من الصناعات القائمة على عمل الميكروبات مثل المخللات والمشروبات الروحية والألبان المتخمرة ومنتجات الجبن.. إلخ.

أيضاً فإن علم التغذية الذي يمكن من خلاله معرفة الاحتياجات الغذائية للإنسان وبالتالي إعداد الغذاء وتصنيعه بحيث يمد الإنسان بالعناصر اللازمة لنموه ونشاطه في الأعمار المختلفة وحالات الصحة والمرض وبحيث نتجنب بقدر الإمكان التأثيرات السلبية على القيمة الغذائية أثناء عمليات الإعداد والتصنيع والحفظ.

ولاشك أيضاً في أهمية العلوم الهندسية حيث أن إنشاء المصنع وتصميمه بحيث يوفر السهولة والإنسيابية في كل مراحل الإنتاج كذلك حسابات الطاقة اللازمة لتشغيل المصنع وعمليات النقل والإعداد وتصميم الآلات وتوزيع الخطوط كلها أمور تحتاج إلى مختلف أفرع العلوم الهندسية وأخيراً فإن عمليات الإدارة والتسويق تتطلب أيضاً الإلمام بالعلوم التجارية والإقتصادية والإجتماعية وعلوم الحاسب الآلي.

أهمية التصنيع الغذائي:

قد يتساءل البعض عن مدى الاحتياج إلى تصنيع وحفظ الأغذية بالطرق المختلفة المستخدمة حالياً خاصة وأن الإنسان عاش قرونًا طويلة يعتمد على الغذاء الطازج وهو بدون شك الأفضل من الناحية الصحية ولم يكن يعرف من طرق الحفظ إلا التجفيف الشمسي فقط. وللإجابة على ذلك نذكر فيما يلي العوامل التي أدت إلى زيادة الحاجة إلى تصنيع وحفظ الأغذية بحيث لم يعد ممكناً الاستغناء عن هذا الأمر.

1- تواجد المواد الغذائية مثل الخضار والفاكهة بصورة موسمية وليس على مدار العام كله وبالتالي أصبحت الحاجة ماسة إلى حفظ الفائض من الانتاج بحيث يمكن استخدامه في غير موسم انتاجه وبهذا يصبح متوافراً في كل وقت.

2- عدم ملائمة بعض المناطق للزراعة بسبب ظروفها البيئية والجغرافية والمناخية وبالتالي يتطلب الأمر تزويدها بالمواد الغذائية اللازمة لها في صورة محفوظة.

- 3- تعرض الكثير من المناطق لحدوث المجاعات بسبب ظروف بيئية طارئة مثل الزلازل والفيضانات والأعاصير مما يتطلب إمداد هذه المناطق المنكوبة بالأغذية في صورة محفوظة يسهل نقلها براً أو جواً أو بحراً دون أن تتعرض للفساد.
 - 4- انتشار الحروب والصراعات حيث تستخدم الأغذية المحفوظة في تغذية الجيوش في مثل هذه الحالات.
 - 5- بعض المواد الغذائية لا يمكن الحصول عليها من مصادرها الخام إلا من خلال التصنيع الغذائي مثل صناعة السكر من عصير القصب أو مستخلص البنجر وكذلك الحصول على الزيت من البذور الزيتية وتكريره بحيث يصلح للاستهلاك.
 - 6- التغيرات الاجتماعية التي أدت إلى نزول المرأة إلى العمل بكثافة عالية الأمر الذي أدى إلى زيادة الاعتماد على الأغذية المحفوظة توفيراً للوقت والجهد.
 - 7- انتشار الأمراض التي تتطلب أغذية خاصة للمرضى بها مثل السكر والفشل الكلوي وأمراض الكبد والقلب حيث يلعب التصنيع الغذائي دوراً هاماً في إنتاج الأغذية التي تناسب الحالات المرضية المختلفة.
 - 8- حفظ الأغذية باستخدام الطرق التي تؤدي إلى تقليل الحجم والوزن للخامات الغذائية مثل التجفيف والتركيز يؤدي إلى تسهيل عمليات النقل والتداول بالإضافة إلى تقليل تكاليف النقل والتخزين.
 - 9- التصنيع الغذائي يساعد على إنتاج الكثير من المواد النافعة من خلال الاستفادة من المخلفات مثل القشور وبقايا الخامات الزراعية حيث يمكن استخدامها في الحصول على الزيوت العطرية والمواد البكتينية أو إنتاج الكحول إلخ.
- وهكذا يتضح لنا مدى أهمية التصنيع الغذائي وحفظ الأغذية في عصرنا الحديث الذي أصبح الإنسان يعتمد فيه على كل ما هو جاهز وسبق إعداده.

خطوات إعداد الخامات الغذائية للتصنيع أو الحفظ:

تحتاج الخامات الغذائية إلى العديد من العمليات التي يجب أن تتم عليها حتى تصبح في الصورة الملائمة لعمليات التصنيع أو الحفظ نذكرها فيما يلي:

1- اختيار الصنف المناسب:

يعتبر اختيار الصنف المناسب من أهم العوامل المؤثرة في جودة المنتج النهائي حيث تختلف الصفات الواجب توافرها في المادة الخام تبعاً لاختلاف طريقة التصنيع والمنتج المصنع فمثلاً في حالة حفظ الغذاء بالتجميد لابد من اختيار ثمار الفاكهة والخضروات تامة النضج وعلى درجة عالية من الجودة وعند حفظ عصائر الفاكهة بالتعليب يجب اختيار الأصناف التي تتميز بارتفاع نسبة العصير وكذلك المكونات المسؤولة عن الطعم واللون والرائحة وعند تعليب الثمار الكاملة لابد أن تكون الثمار متماسكة مكتملة النضج والتلوين وتجمع عند بلوغها مرحلة النضج الثمري، هذا وتختلف مرحلة النضج الثمري من نوع لآخر من الثمار حسب التغيرات الفسيولوجية التي تحدث فمثلاً ثمار البسلة يجب جمعها قبل أن يتم تحول المواد السكرية إلى مواد نشوية وكذلك ثمار الفاصوليا يجب جمعها قبل أن تتعرض لحدوث التلف وثمار الطماطم تجمع عند اكتمال تلونها باللون الأحمر.

ومن المعروف أن الثمار تمر بمراحل عديدة أثناء نموها حتى تصل إلى مرحلة البلوغ حيث تصل الثمار إلى حجمها النهائي وتكتمل فيها أغلب الصفات المميزة لها تقريباً وبعد ذلك تصل الثمار إلى مرحلة النضج وفيها تصل صفات الجودة من طعم ولون ورائحة إلى أقصى درجة لها وكلما تقدمت الثمرة في مرحلة النضج تفقد تماسكها وتلين أنسجتها وتصبح أسرع قابلية للتلف والفساد. وبصفة عامة لا تجمع الثمار قبل وصولها درجة البلوغ كما يجب عدم تركها حتى تتقدم في مرحلة النضج وبراغي أن تتم عملية الجمع في الصباح الباكر أو عند غروب الشمس حيث تكون درجة الحرارة منخفضة وبالتالي لا تحتفظ الثمار بكمية كبيرة من حرارة الحقل التي تؤدي إلى زيادة النشاط الميكروبي والتفاعلات الكيميائية والانزيمية مما ينتج عنه تدهور في صفات الجودة والقيمة الغذائية. كما يجب أن يتم نقل الثمار إلى مكان التنضيج في أسرع وقت حتى لا تتاح الفرصة لحدوث مثل هذه التفاعلات الضارة وإذا كانت المسافة بين الحقل ومكان التصنيع طويلة يفضل أن تكون سيارات النقل مجهزة بوسيلة تبريد مناسبة.

2- الاستلام والوزن:

بعد الانتهاء من جمع الثمار يتم نقلها إلى مكان التصنيع حيث توزن وتؤخذ منها عينة للتحليل لمعرفة القائمين على عملية التصنيع ومراقبة الجودة وذلك لمعرفة مدى توافر صفات الجودة المرغوبة في الثمار ومدى مطابقتها للمواصفات والاشتراطات المتفق عليها وعلى ضوء نتائج التحليل يتم تقدير الثمن.

3- إجراء عملية الفرز الأولى:

تجرى عملية الفرز بهدف استبعاد الثمار التالفة أو المصابة أو غير الناضجة والتي لا تصلح للتصنيع لأي سبب من الأسباب وتعتبر هذه الخطوة من الخطوات الهامة والمؤثرة في جودة المنتج النهائي فعلى سبيل المثال في حالة تصنيع عصير البرتقال فإن العصير الناتج من برتقالة واحدة تالفة يسبب تلف العصير الناتج من مائة برتقالة سليمة. هذا وتجرى عملية الفرز للثمار باستخدام مناضد طويلة أو سير متحرك ويقوم العمال بفرزها يدوياً واستبعاد الثمار غير الصالحة.

4- التنظيف:

الهدف من عملية التنظيف هو إزالة المواد الغريبة والطمي والأتربة وأجزاء الحصى وكذلك الأجزاء النباتية وبقايا المبيدات والجراثيم والميكروبات بحيث يصبح الغذاء صالحاً للعمليات التصنيعية التالية بعد ذلك. ولا بد من الاهتمام جيداً بهذه الخطوة وأن تأخذ مكانها مبكراً في بداية العمليات التصنيعية وذلك لمنع التلف الذي قد تتعرض له المعدات بسبب وجود الحصى أو الأجزاء المعدنية بالإضافة إلى أن الإزالة المبكرة للملوثات الميكروبية سوف تساعد على منع الفقد الممكن حدوثه بسبب النمو الميكروبي على الغذاء سواء في الكمية أو في صفات الجودة أو في القيمة الغذائية خاصة في حالة تخزين الغذاء لفترة من الوقت قبل تصنيعه وعلى هذا يمكن القول أن التنظيف عامل مؤثر لدرجة كبيرة لتقليل الفاقد في الغذاء وتحسين اقتصاديات التصنيع وكذلك حماية المستهلك.

عموماً فإن عمليات التنظيف التي تتم على الأغذية تندرج تحت نوعين أساسيين هما التنظيف الرطب والتنظيف الجاف هذا ويحدد طبيعة الغذاء المراد تنظيفه وطبيعة الملوثات

المراد إزالتها بطريقة التنظيف المناسبة وفي أحوال كثيرة قد يحتاج الأمر استخدام تطبيقات من التنظيف الرطب والجاف معاً حتى تتم عملية التنظيف بالكفاءة المطلوبة.

هذا وتعتبر عمليتي النقع والغسيل من أكثر التطبيقات شيوعاً في التنظيف الرطب وتساعد عملية النقع في إذابة الطمي الملتصق بالثمار خاصة تلك التي تنمو قريباً من سطح الأرض ويجب إضافة مادة مطهرة إلى ماء النقع مثل الكلور ويضاف عادة بنسبة 100 جزء في المليون أو البوراكس (رابع بورات الصوديوم) وتستخدم بتركيز 4 - 8٪ وبعد ذلك تجرى عملية الغسيل وكانت في الماضي تتم باستخدام كميات كبيرة من المياه تتدفق فوق الثمار ولكن الاحتياج المتزايد للمحافظة على المياه والإقلال من استهلاكها بقدر الإمكان أدى إلى تطوير عملية الغسيل وأهم الطرق الشائع استخدامها حالياً هي:

أ - الغسيل باستخدام الرشاشات: هذه الطريقة تناسب الثمار الطرية الحساسة للصدمات مثل الطماطم والعنب والمشمش حيث توضع الثمار على سير متحرك وأثناء مرورها يسقط عليها الماء باندفاع قوي من خلال الرشاشات.

ب - الغسيل باستخدام الآلات الحلزونية: وهي عبارة عن اسطوانات تتكون من سدايات خشبية بينها مسافات وقد تكون اسطوانات معدنية مثقبة ويتحرك داخل هذه الاسطوانات حلزون يدفع الثمار من أحد طرفي الأسطوانة إلى الطرف الآخر ويدخل الأسطوانة توجد أنابيب يندفع منها الماء ويسقط على الثمار أثناء مرورها وهذه الطريقة تناسب الثمار الصلبة المتماسكة ذات القشرة السمكية.

وفي كلتا الطريقتين يتم التحكم في قوة اندفاع الماء وسرعة مرور الثمار حسب حالة الثمار ومدى تلوثها وغالباً تستكمل عملية الغسيل بتيار من الهواء لأزالة الشوائب الخفيفة (تنظيف جاف). هذا ويفضل استخدام الماء البارد في عمليات الغسيل حيث أنه يحافظ على صلابة الثمار وتماسكها ويقلل من خروج أي سوائل منها ولا يساعد على زيادة معدل الأنشطة المفسدة سواء الميكروبية أو الكيميائية أو الأنزيمية بعكس الماء الدافئ.

هذا ويتوقف تأثير عملية الغسيل على خصائص الثمار على عدة عوامل أهمها كمية المياه وقوة اندفاعها ودرجة الحموضة والعسر بالماء وكذلك درجة حرارته وزمن الغسيل والفترة التي تلي ذلك قبل التصنيع.

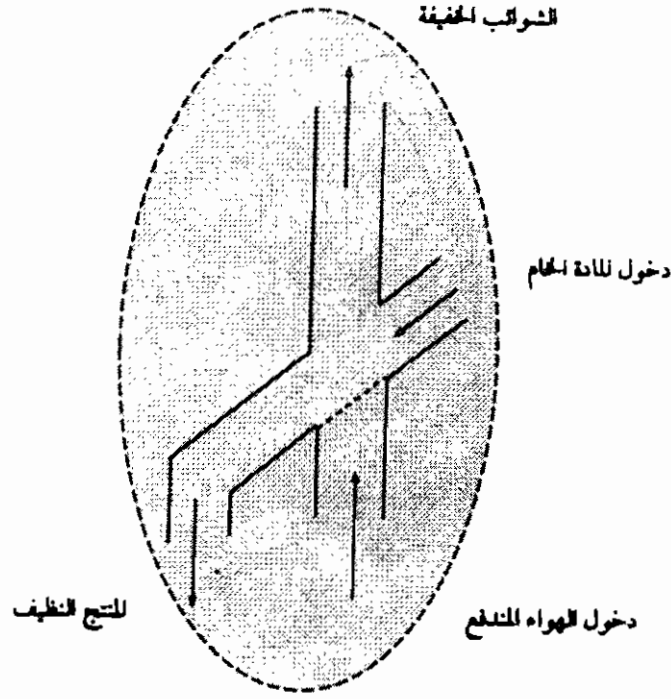
هذا وتوجد بعض الطرق الخاصة التي تستخدم مع أنواع معينة من الثمار الهشة التي

تتعرض للعطب من أقل صدمة مثل التوت والفراولة حيث لا تصلح معها طرق الغسيل السابق ذكرها ولا تؤدي إلى التخلص تماماً من الجزيئات الصغيرة والشوائب المرتبطة بشايا هذه الثمار. ولهذا فإن هذه الأنواع من الثمار تتطلب معاملة خاصة لتنظيفها وتستخدم لها آلة خاصة تسمى Mc Lauchlan air - and - water cleaner وتتم عملية التنظيف بتفريغ الثمار داخل غرفة في الآلة يدفع فيها تيار خفيف من الهواء بواسطة مروحة خاصة بحيث يعمل هذا الهواء كوسادة تحمّل الثمار لكي تسقط داخل الغرفة بلطف فلا تتعرض لحدوث كدمات وتبدو وكأنها معلقة في الهواء ثم تمر من هذه الغرفة إلى غرفة أخرى مفرغة من الهواء وأثناء مرورها يحتك بها الهواء في الغرفة الأولى ويزيل الشوائب وبقايا الحشرات والمواد العالقة بها وبعد ذلك تتحرك الثمار من الغرفة الثانية إلى غرفة الغسيل حيث ترش بتيار خفيف من الماء لإزالة ما تبقى من أتربة وشوائب ثم تجفف وتدرج وكل هذه العمليات تتم في مسافة قدرها 8 قدم.

هذا ويجدر بالذكر أن التنظيف الرطب ينتج عنه أحجام كبيرة من السوائل غالباً ما تكون مرتفعة في تركيزها من المواد الذائبة والمواد الصلبة العالقة والملوثات وهذا يتطلب إجراء عمليات تنقية ومعالجة لهذه المياه قبل التخلص منها وفي الأماكن التي لا تتوافر فيها المياه بكثرة أو ترتفع فيها تكلفة استهلاك الماء يتم أحياناً إعادة استخدام الماء في التنظيف بعد ترشيحه ومعالجته بالكلور.

وفيما يتعلق بالتنظيف الجاف فإنه يستخدم عادة مع الخامات التي تمتاز بقدرتها على مقاومة العمليات الميكانيكية وعادة تكون منخفضة في محتواها الرطوبي مثل الحبوب والنقل والتوابل. المعدات المستخدمة في التنظيف تكون أصغر وأرخص بالمقارنة بمعدات التنظيف الرطب كما أن إمكانية حدوث فساد كيميائي أو ميكروبي تكون منخفضة بالمقارنة بالتنظيف الرطب. ومن أمثلة معدات التنظيف الجاف آلات الفصل الهوائي والفصل المغناطيسي للشوائب المعدنية وكذلك استخدام الغرايل.

الفصل الهوائي للشوائب والمواد الغريبة يتم باستخدام تيار مندفِع من الهواء اعتماداً على اختلاف الكثافة ويتم استخدامه على نطاق كبير في آلات الحصاد لفصل أجزاء الحصى والأوراق والسيقان والأغلفة عن الحبوب (شكل رقم 26) .



شكل رقم (26): فصل الشوايب الخفيفة باستخدام الهواء

بالنسبة للشوايب المعدنية خاصة الحديد يتم التخلص منها باستخدام المغناطيس الدائم أو الإلكتروني والأخير يسهل تنظيفه عن طريق فصل التيار الكهربائي عنه ولكن الأول يعتبر أرخص وإن كان يخشى من تراكم المعادن فوقه مكونة كتلة قد تكون سبباً في تلوث الغذاء مرة أخرى بأجزاء منها.

هذا وتستخدم الغرايل ذات الثقوب المختلفة في أقطارها في فصل أجزاء الحصى والحجارة والشوايب والمواد الغريبة الأصغر والأكبر حجماً من جزيئات المادة الخام المراد تنظيفها ولكن يصعب فصل الشوايب المساوية لها في الحجم والمثابة لها في الشكل.

هذا وعندما يكون للغذاء شكل محدد ومنتظم كما في حالة الحبوب المستديرة مثل البسلة فإنه يمكن فصلها عن الشوايب والمواد الغريبة المصاحبة لها عن طريق الاستفادة من مقدرتها على التدرج لأسفل باستخدام السيور الناقلة المتحركة إلى أعلى بمستوى مائل بينما تحمل المواد الغريبة إلى أعلى السير. هذا ويجب مراعاة أن التنظيف الجاف قد ينتج عنه كميات كبيرة من الغبار الذي يسبب أضراراً صحية وقد يسبب حدوث تلوث للغذاء مرة

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

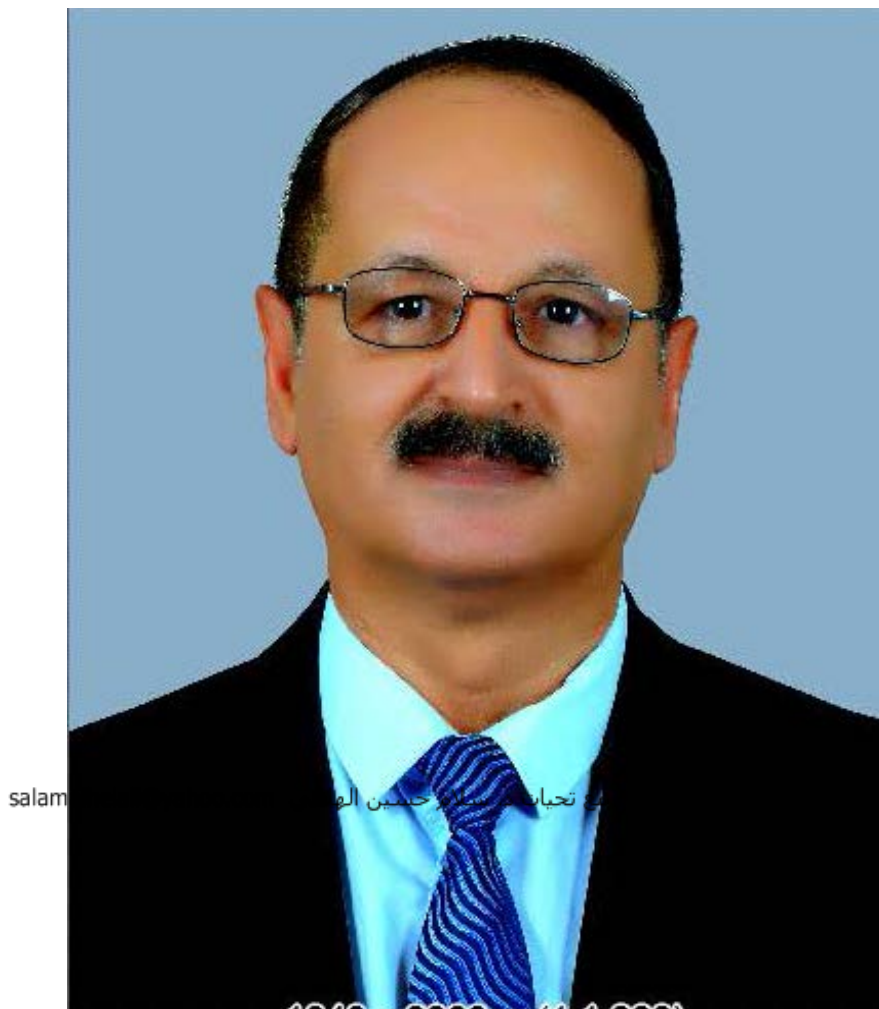
salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



أخرى ولكل أجواء المكان ولهذا لا بد من توافر العدد المناسب من الشفافات التي تسحب هذا الغبار ويتم تجميعه بطرق خاصة والتخلص منه بطريقة آمنة لا تسبب تلوث للبيئة المحيطة ويتطلب هذا الأمر إنفاقاً قد يؤدي إلى زيادة التكلفة الاقتصادية.

ومن الطرق الأكثر تطوراً وحدائث استخدام الأشعة مثل أشعة أكس والأشعة فوق البنفسجية حيث تستخدم أشعة إكس في الكشف عن المعادن والملوثات الصلبة الأخرى سواء في المادة الخام أو الأغذية المعبأة كما تستخدم الأشعة فوق البنفسجية مع حبوب البن حيث تسبب حدوث فلورة للملوثات البكتيرية. وكما سبق القول فإن عملية التنظيف في معظم الأحيان قد تشمل استخدام أكثر من وسيلة بعضها يتبع التنظيف الرطب وبعضها يتبع التنظيف الجاف.

5- الفرز الثانوي:

أحياناً يغطي الطمي أجزاء من بعض الثمار خاصة تلك التي تنمو قريباً من سطح الأرض مثل الطماطم والبطاطس وقد تكون هناك أجزاء تالفة أو مصابة تحت هذه الطبقة الطميية لا يمكن رؤيتها وبالتالي لا تستبعد مثل هذه الثمار في الفرز الأولي ولكن بعد إجراء عملية الغسيل وإزالة الطمي الملصق بهذه الثمار تظهر هذه العيوب وبالتالي يفضل إجراء عملية فرز أخرى مكملية للعملية الأولى لاستبعاد الثمار التي ظهرت عيوبها بعد عملية النقع والغسيل.

6- تجهيز الثمار وإعدادها في الصورة الملائمة للتصنيع أو الحفظ:

تختلف طريقة تجهيز الثمار وإعدادها حسب نوع المادة الخام ونوع العملية التصنيعية والمنتج النهائي المطلوب وتشمل عمليات التجهيز التقطيع إلى شرائح أو مكعبات أو أنصاف، كذلك إزالة النواة أو البذور أو إجراء عملية هرس أو فرم أو عصر وهكذا وغالباً ما تتم معظم هذه العمليات بعد إجراء عملية التقشير والتي تجري بعدة طرق نذكر منها مايلي:

أ- التقشير اليدوي:

من مميزات التقشير اليدوي أننا لا نحتاج فيه إلى معدات خاصة حيث لا يتطلب الأمر أكثر من سكاكين من معدن غير قابل للصدأ قد تكون ذات نصل مفرد أو ذات نصل مزدوج حتي يمكن التحكم في سمك الطبقة المزالة وبالتالي تقليل الفاقد بالإضافة إلى ذلك فإننا لا

نحتاج في هذه الطريقة إلى استخدام الحرارة أو القلوي وبالتالي تقل فرصة حدوث التلون البني الذي يحدث لبعض أنواع الثمار مثل التفاح والكمثرى والبطاطس حيث أن الحرارة والقلوي من العوامل المساعدة لنشاط الإنزيمات المسؤولة عن تلك الظاهرة كما أن عدم استخدام أي مواد كيميائية في التقشير اليدوي يساعد على الاستفادة من القشور المزالة في بعض الصناعات مثل صناعة النبيذ والخل أو استخدامها كعلف للحيوان. كذلك تمتاز هذه الطريقة بعدم الاحتياج لكميات كبيرة من الماء في عملية شطف الثمار المقشورة كما في بعض الطرق الأخرى بالإضافة إلى خلو ماء الشطف الناتج من أي مواد كيميائية. وتعتبر هذه الطريقة أكثر ملائمة في حالة الثمار غير المنتظمة في الشكل ولكن مع كل هذه المميزات يعيب هذه الطريقة تكلفتها المرتفعة نظراً لارتفاع أجور الأيدي العاملة في مناطق كثيرة من العالم كما أنها تعتبر طريقة بطيئة بالقياس إلى الطرق الأخرى. هذا وتستخدم هذه الطريقة في تقشير ثمار البطاطس والتفاح والكمثرى والخوخ والجزر وما شابه ذلك من الثمار ذات القشرة السمكة.

ب- التقشير بالبخار:

الماء المغلي أو البخار يؤدي إلى إزالة قشور الثمار خاصة تلك المتقدمة في النضج خلال 10 - 30 ثانية وفي حالة الثمار غير الناضجة بدرجة كافية يفضل تركها يومين أو ثلاثة حتى تلين أنسجتها وعموماً فإن الثمار التي تستخدم بغرض عصرها أو تجميدها تكون بطبيعة الحال متقدمة في النضج عن تلك التي تستخدم للتعليب وبالتالي فإن التقشير بالبخار يصبح أكثر الطرق ملائمة في مصانع العصير أو التجميد. وتجري عملية التقشير بعد إزالة النواة إن وجدت ثم توضع الثمار على حصيرة صلبة بعمق طبقة واحدة سواء في صورتها الكاملة أو على هيئة أنصاف على أن تكون القشرة لأعلى وتمر الثمار داخل صندوق للبخار مزود بصنابير خاصة يندفع منها البخار مباشرة على الثمار فتعرض القشرة للتمدد بتأثير الحرارة وتكفي حوالي 30 ثانية لهذه المعاملة ثم تتعرض الثمار للماء البارد فتتكمش القشرة ونتيجة لتمدد القشور وانكماشها يحدث لها تهتك وانفصال عن الثمار ويسهل إزالتها باستخدام فرشاة ناعمة أو بتيار خفيف من الماء وقد تستخدم اسطوانة معدنية تتحرك دائرياً بمعدل 4 - 6 لفة في الدقيقة ويمر بداخلها بخار تحت ضغط عالي. هذا ولا تسبب هذه الطريقة ظهور طعم مطبوخ ولا تؤثر على اللون أو القوام نظراً لانخفاض درجة التوصيل الحراري للثمار الأمر الذي يمنع حدوث تخلل سريع للحرارة داخلها. هذه الطريقة تستهلك كميات قليلة من

الماء، والماء الناتج غير ملوث بالمواد الكيميائية ويحدث فيها فقد قليل للمنتج والسطح المقشور يكتسب مظهراً جيداً كما أنها تمتاز بسهولة التخلص من الفضلات ويمكن تقشير كميات كبيرة بهذه الطريقة تصل إلى 4500 كجم/ساعة. وهي تستخدم مع ثمار البطاطس والبطاطس والخوخ.

ج- التقشير بالتجميد:

في هذه الطريقة يتم تجميد الثمار بسرعة إلى عمق بسيط تحت القشرة ثم تجرى لها عملية انصهار سريعة وحيث أن الطبقة اللحمية لم تتجمد فإنها تتحرر من القشرة بسهولة وتنفصل عنها وبالتالي يسهل إزالة القشور ولكن نظراً إلى أن التجميد يعتبر من العوامل المنشطة للانزيمات التي تسبب حدوث التلون البني فإن سطح الثمار يجب أن يعامل في الحال بعد التقشير بحامض الاسكوربيك أو أي مانع آخر للتلون البني. والأجهزة المستخدمة تشبه إلى حد كبير تلك المستخدمة في حالة التقشير بالبخار.

د- التقشير بالاحتكاك:

ويتم في هذه الطريقة تقشير الثمار نتيجة عملية الاحتكاك حيث تستخدم أجهزة خاصة عبارة عن اسطوانة جدرانها مبطنة بمادة غير قابلة للتآكل مثل مادة الكربوراندوم ويدخلها قرص من نفس المادة يدور بسرعة كبيرة فيقذف الثمار بقوة حيث تصطدم بالجدران ويتم تقشيرها بتأثير الاحتكاك ولا تصلح هذه الطريقة إلا مع الثمار المنتظمة الشكل وإلا احتاج الأمر إلى تكملة تقشير الأجزاء الغائرة في الثمار بالطريقة اليدوية. نسبة الفقد مرتفعة نسبياً في هذه الطريقة وقد تصل إلى 15 - 25٪ من وزن الثمار ولكن تكلفة الطاقة أقل ولا يحدث أي تلف حراري وتعطي مظهراً جيداً لسطح الثمار وعموماً تستخدم هذه الطريقة مع الثمار التي تتحمل هذه الحركة الميكانيكية مثل ثمار البلح والبطاطس.

هـ- التقشير بالحامض:

في هذه الطريقة يتم التقشير للثمار عن طريق غمرها في محاليل ساخنة للأحماض مثل حامض الهيدروكليك بتركيز 0.1٪ أو حامض أوكساليك بتركيز 0.05٪ أو حامض ستريك بتركيز 0.1٪ أو حامض طرطريك بتركيز 0.1٪. هذه الأحماض تؤدي إلى تآكل القشرة ولكن تحتاج الثمار بعد ذلك إلى عملية غسيل بكميات كبيرة نسبياً من الماء لإزالة

بقايا القشور وآثار الحامض. وتمتاز هذه الطريقة بعدم توافر الفرصة لحدوث التلون البني أو حدوث أي تفاعلات أكسدة أخرى ولكن يعيبها حدوث تآكل للمعدات المعدنية المستخدمة بفعل الأحماض.

و- التقشير بالقلوي:

تتعرض جدران خلايا القشور للإذابة بفعل المحاليل القلوية ويتوقف معدل الإذابة على تركيز القلوي ودرجة الحرارة وزمن المعاملة. وعادة تستخدم محاليل ساخنة من كربونات الصوديوم أو الصودا الكاوية بتركيزات تكفي لإحداث تهتك للقشرة دون التأثير على طبقات اللب أو المحتويات الداخلية للثمار. ويتحكم في العملية بصفة عامة كمية الماء المتاحة للتقشير والغسيل وكذلك الهدف من تصنيع الثمار. فمثلاً عند تقشير الخوخ بغرض التعليب فإن نقع الثمار في محلول يغلي من القلوي بتركيز 1.5٪ لمدة 60 ثانية ويتبع ذلك الغسيل لإزالة بقايا القشور ثم النقع في محلول من حمض الستريك تركيزه 0.5 - 3٪ يعطي نتائج جيدة بينما إذا كان الهدف تجميد الخوخ أو تجفيفه فإنه يفضل استخدام تركيز مرتفع من القلوي قد يصل إلى 10٪ وزيادة زمن المعاملة إلى 4 دقائق على درجة حرارة لا تزيد عن 145° ف حتى لا يحدث طبخ للطبقة السطحية من الثمرة ثم تزال بقايا القشور والقلوي بالغسيل والنقع في محلول حامض الستريك ويمكن الاكتفاء بالغسيل الجيد بالماء للتخلص من آثار القلوي ومن مميزات هذه الطريقة أنها فعالة في إزالة القشور وكذلك إزالة الأنسجة المتعفنة أو المتحللة إذا وجدت كما أنها سريعة واقتصادية حيث أن المسخن بالقلوي المفرد يمكنه أن يتداول 30 بوشل من ثمار الخوخ في الدقيقة. وتناسب هذه الطريقة أنواع عديدة من الثمار مثل الخوخ والكمثرى والجزر والبطاطس والبطاطا بكل الأحجام والأشكال بالإضافة إلى سهولة الحصول على المعدات وكذلك تركيبها ولكنها تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء لإزالة بقايا القشور وآثار القلوي المتبقي في الثمار ويجب التحكم جيداً في تركيز القلوي ودرجة الحرارة حيث أن أنسجة ثمار الفاكهة تتعرض لحدوث الطبخ بها على درجة حرارة 145° ف وبالتالي فإن الثمار التي سوف تستخدم للتجميد أو التجفيف لابد أن تظل على درجات حرارة أقل من ذلك طول فترة المعاملة. وقد أجريت عدة تحويرات في عملية التقشير بالقلوي بهدف تطويرها مثل استخدام عوامل الترطيب أو البلل حيث تؤدي

إلى تقليل الزمن اللازم للترطيب كما تؤدي إلى اختصار الزمن اللازم لتفتيت وتخطيط القشرة إلى النصف وتضاف بنسبة 1.1% كذلك يمكن إضافة المنظفات وتضاف بنسبة 10.1% والجدول التالي يوضح متطلبات عمليات التقشير بالقلوي لثمار الخوخ بغرض التجميد.

جدول رقم (7): متطلبات عملية تقشير الخوخ بالقلوي بهدف تجميده

90 رطل	القلوي (89.7 صودا كاوية، 10.1% منظف، 1.1% عامل ترطيب)
110 جالون	الماء
1 - 3 دقيقة	زمن النقع
10 - 20 ثانية	زمن التصفية
30 ثانية	زمن الشطف بالماء
30 ثانية	زمن النقع في محلول 1.1% حامض ستريك
145° ف	درجة الحرارة

ز- التقشير باللهب:

وتستخدم هذه الطريقة مع الثمار ذات القشور الجافة القابلة للاحتراق كما في حالة البصل والثوم وتتم هذه العملية بوضع الثمار على حصيرة متحركة تتعرض للهيب قوي تصل درجة حرارته إلى 2000 - 2200° ف لمدة ثواني يتم خلالها حرق القشور باللهيب المباشر وتفصل القشور بعد ذلك بواسطة رذاذ قوي من الماء البارد وقد يستخدم الإشعاع الحراري بمرار الثمار داخل اسطوانات مسخنة باللهيب وهذه الطريقة أكثر تكلفة حيث تفقد فيها كمية كبيرة من الحرارة إلا أنها أكثر أمناً بالنسبة للمادة الغذائية وعموماً فإن أجهزة التقشير باللهيب مرتفعة الثمن جداً إلا أن نسبة الفقد منخفضة ولا تزيد عن 10.1% من وزن الثمار.

7- التدرج:

الهدف من عملية التدرج هو تقسيم الثمار المجهزة إلى درجات مختلفة حيث تتقارب صفات الثمار سواء المورفولوجية أو النوعية داخل كل درجة على حدة وينقسم التدرج إلى نوعين أساسيين هما:

أ - **التدريج الحجمي:** حيث تقسم الثمار المجهزة سواء كانت في صورتها الكاملة أو في صورة مجزأة إلى درجات مختلفة حسب الحجم صغير أو متوسط أو كبير وهكذا دون الأخذ في الاعتبار لصفات الجودة المرغوبة مثل اللون أو الطعم أو الرائحة.... إلخ ورغم أن التدريج على أساس الحجم يفيد في تحديد معاملات التصنيع أو الحفظ المناسبة لكل حجم على حدة كما أن تماثل الثمار في الحجم مرغوب بصفة خاصة عند تعرضها لمعاملات حرارية مثل السلق أو التعقيم حتى نحصل على تأثير متماثل لهذه المعاملات على كل الثمار داخل الوجبة الواحدة إلا أن أهم عيوب التدريج الحجمي هو اختلاف صفات الجودة في الثمار داخل الدرجة الواحدة الأمر الذي يتعذر معه انتاج درجات ممتازة من الأغذية المصنعة. وعلى سبيل المثال تدرج البسلة حجمياً باستخدام غرابيل تختلف عن بعضها في قطر الفتحات حيث يتم تقسيم حبوب البسلة إلى عدة درجات حسب قطر الحبوب بغض النظر عن مدى توافر صفات الجودة داخل كل درجة.

ب- **التدريج الوصفي:** وهو يعتمد أساساً على مدى توافر صفات الجودة المختلفة في الثمار وهكذا يمكن الحصول على المنتج الواحد بدرجات جودة مختلفة وتوجيه كل درجة إلى الناحية التصنيعية الملائمة فالدرجات الممتازة من الفاكهة مثلاً يمكن حفظها كاملة أو مجزأة بالتعليب أو التجميد أو التجفيف بينما الدرجات المنخفضة في صفات الجودة يمكن هرسها واستخدامها في صناعة المربى أو الفطائر. هذا وتقسم ثمار الفاكهة إلى عدة درجات وصفية على أساس مدى خلوها من العيوب الثمرية واكتمال الحجم وانتظام الشكل ودرجة النضج واكتمال التلوين ومدى توافر مكونات الطعم والرائحة ومدى تماسك القوام وهذه الدرجات هي الدرجة الممتازة والدرجة المختارة والدرجة القياسية والدرجة تحت القياسية ودرجة الماء وأخيراً درجة الفطير هذا وعند تعبئة الفاكهة في محاليل سكرية فإن تركيز المحلول السكري المستخدم يعتمد على درجة جودة الفاكهة حيث يصل التركيز إلى 55٪ في حالة الدرجة الممتازة ويتدرج في الانخفاض كلما انخفضت درجة جودة الفاكهة حتى يصبح تركيز السكر صفراً/ في حالة الدرجات المنخفضة من الجودة (درجتي الماء والفطير) حيث تكون الفاكهة في حالة من الجودة لا تتحمل زيادة التكلفة وإنما يتم حفظها في العلب الصفائح في الماء ثم تعقم وتحفظ لاستخدامها في صناعة الفطائر.

وبالنسبة للخضر يتم تدرجها وصفيًا اعتمادًا على الارتباط الوثيق بين بعض المكونات ودرجات الجودة مثل تقدير نسبة الألياف كما في الفاصوليا أو نسبة المواد السكرية إلى النشوية كما في البسلة فالحبوب الصغيرة ذات صفات الجودة الممتازة من حيث الطعم واللون تتميز بارتفاع نسبة المواد السكرية وبالتالي انخفاض الوزن النوعي لها وكلما تقدمت حبوب البسلة في النضج تزداد نسبة المواد النشوية وبالتالي يرتفع وزنها النوعي وعلى هذا الأساس يتم تدرج البسلة وصفيًا حيث تستخدم محاليل ملحية في أحواض كبيرة توضع فيها حبوب البسلة والتي تطفو أو تغوص في المحلول حسب وزنها النوعي الذي يتأثر بمحتواها من المواد السكرية أو النشوية حيث تمتاز الحبوب الطافية بارتفاع درجة الجودة عن تلك التي تغوص في المحلول. كذلك يمكن قياس درجة طراوة الثمار كمؤشر للجودة باستخدام أجهزة خاصة وتحديد درجات جودة مختلفة اعتمادًا على مدى ليونتها أو طراوتها حيث تقوم هذه الأجهزة بتقدير الضغط اللازم لهرس أو اختراق الثمار.

8- الكبرية:

تجرى عملية الكبرية لتحقيق عدة أهداف أهمها:

- القضاء على الانزيمات والأحياء الدقيقة في المادة الغذائية وبالتالي منع التغيرات غير المرغوبة التي يمكن حدوثها نتيجة لنشاط هذه الانزيمات خاصة المؤكسدة منها.

- المحافظة على اللون ومنع الفقد في بعض الفيتامينات.

هذا ويتم كبرية الثمار سواء الكاملة أو المجزأة بتعريضها لغاز ثاني أكسيد الكبريت الناتج من حرق زهر الكبريت في حجرات خاصة أو غمرها في محلول أحد أملاح حمض الكبريتوز مثل كبريتيت الصوديوم أو ميتاكبريتيت الصوديوم وتختلف مدة التعرض للغاز أو الغمر في المحلول حسب التركيز المطلوب في الثمار وعادة يتراوح تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الفاكهة بين 1000 - 2000 جزء في المليون حسب نوع الثمار بينما يتراوح تركيزه في الخضروات بين 1200 - 1500 جزء في المليون. وعمومًا عملية الكبرية لا تستخدم غالبًا مع الخضروات حيث يستعاض عنها بعملية السلق.

9- السلق:

تعتبر عملية السلق من الخطوات الهامة جدًا خاصة بالنسبة للخضروات حيث تحقق فوائد عديدة أهمها:

- التخلص من الهواء الموجود في المسافات البينية في أنسجة الثمار وبالتالي تلافي تفاعلات الأكسدة التي قد تنتج عن أكسجين الهواء الجوي.
 - وقف نشاط الأنزيمات التي قد تؤثر على لون وطعم وقوام المادة الغذائية.
 - القضاء على عدد كبير من الأحياء الدقيقة الملوثة للمادة الغذائية بتأثير درجة حرارة السلق (200 - 212 °ف).
 - التخلص من المواد المخاطية التي تحتوي عليها بعض الخضار مثل الباميا والقلقاس.
 - تليين الأنسجة في الخضار الورقية مثل السبانخ وبالتالي يسهل ملأ العلب بالوزن المطلوب في حالة الحف بالتعليب.
 - التخلص من جزء كبير من المواد النشوية التي قد تسبب تعكير محلول التعبئة في حالة الحفظ بالتعليب.
 - تساعد في الوصول إلي أحسن قوام ممكن عند إعادة ترطيب الأغذية المحفوظة بالتجفيف بفرض استهلاكها.
 - التخلص من بعض المواد التي تكسب الخضار المحفوظة طعماً غصاً غير مقبول.
- هذ وتجري عملية السلق بالماء الساخن علي درجات حرارة 200-212 ° لمدة تختلف حسب نوع الثمار فمثلاً عند السلق باستخدام الماء على درجة الغليان فإن مدة السلق للبصلة الصغيرة تستغرق دقيقة واحدة وتحتاج السبانخ والفاصوليا إلى دقيقتين واللوبيا ثلاث دقائق والبطاطس والجزر من 3-6 دقائق ... وهكذا. كذلك يمكن إجراء عملية السلق باستخدام البخار.
- بالنسبة للفاكهة فإن عملية السلق بالماء غير مرغوبة حيث تؤدي إلى فقد كبير في محتواها من المواد السكرية والمواد المسئولة عن الطعم واللون والرائحة وإذا كان لابد من إجراء عملية السلق لها يتم ذلك في محلول سكري بدلاً من الماء ويمكن استخدام البخار وإن كان ذلك يؤدي إلى ليونة الأنسجة وفقد للقوام الصلب وظهور طعم مطبوخ غير مرغوب ولهذا يستعاض عن هذه العملية بإجراء عملية الكبرة التي تحقق الأهداف المرجوة دون التأثير على صفات الجودة وإن كانت تسبب أحياناً رائحة غير مرغوبة في بعض الفواكه.
- وفي كل الأحوال لابد من تبريد الثمار بالماء البارد بعد انتهاء عملية السلق لوقف تأثير الحرارة حتى لا تكتسب الثمار طعماً مطبوخاً وتتأثر جودتها. ويمكن اختبار كفاءة عملية

السلق فيما يختص بالقضاء على الإنزيمات عن طريق الكشف عن نشاط إنزيمات البيروكسيز أو الكتاليز وقد تم اختيار هذه الإنزيمات نظراً لمقدرتها العالية على تحمل درجات الحرارة المرتفعة وبالتالي فإن القضاء عليها يكفل بالتالي القضاء على سائر الإنزيمات الأخرى الأقل تحملاً لدرجة الحرارة كما أن هذه الإنزيمات تنتشر في معظم الأنسجة النباتية ويسهل الكشف عنها بطرق بسيطة.

10- الفرز النهائي:

الهدف من إجراء هذه العملية هو استبعاد أي ثمار تعرضت للتلف أثناء إجراء الخطوات السابق ذكرها.

وعند هذه النقطة تصبح المادة الغذائية مجهزة لإجراء العملية التصنيعية المطلوبة حيث تختلف الخطوات التكميلية حسب طريقة الحفظ المستخدمة وحسب المنتج النهائي المطلوب الحصول عليه. وجدير بالذكر أن اختيار العملية التصنيعية أو طريقة الحفظ الملائمة يعتمد على نوع الغذاء وصفات الجودة المراد المحافظة عليها وكذلك مدى تأثيرها على القيمة الغذائية ومدى تحقيقها للأمان من الناحية الصحية وكذلك كمية الطاقة المستهلكة وكمية التلوث البيئي الناتجة. وعموماً يمكن تقسيم الطرق المختلفة المستخدمة بهدف حفظ الأغذية وإطالة فترة صلاحيتها للاستهلاك إلى:

1- حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة .

2- حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة العالية.

3- حفظ الأغذية بالتجفيف.

4- حفظ الأغذية باستخدام المواد الكيميائية.

5- حفظ الأغذية بالإشعاع.

هذا ويجدر بالذكر أن طرق الحفظ السابقة لا تكفل أن يظل الغذاء صالحاً للاستهلاك إلى الأبد وإنما هناك فترة صلاحية خاصة بكل نوع من الأغذية تختلف باختلاف طريقة الحفظ وتتأثر بظروف تخزين الغذاء والجدول التالي يوضح بعض الأمثلة لفترة الصلاحية للمنتجات بفرض أن التخزين يتم تحت ظروف ملائمة وسليمة.

جدول رقم (8): فترة الصلاحية للأغذية المحفوظة بالطرق المختلفة

المنتج	فترة الصلاحية بالشهر
الفاكهة المعلبة	36 - 24
الخضار المعلبة	36 - 24
الطماطم المعلبة	36 - 30
الكاتشب	24
عصائر الفاكهة والخضروات المعلبة	24
الأغذية المجمدة	8 - 6
المكرونة الجافة	8 - 6
الأسباجيتي الجافة	12 - 9

المراجع

- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology: Principles and practice. sec. ed, woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. Cambridge. England.
- Hanson, L. P. (1975). Commercial Processing of Vegetables. Published in U. S. A. by Noyes Data Corporation. Noyes Building, Park Ridge, New Jersey 07656.
- Potter, N. N. and Hotchkiss. J. H. (1995) Food Science. 5 th. ed. chopman & Hall, New York.
- Troller, J. A. (1993). Sanitation in Food Processing. 2d. ed. Academic Press, New York.
- Woodroof, J. G and Luh,, B. S. (1986). Commercial Fruit Processing. copyright by the AVI publishing compay, INC. Westport, connecticut.



الفصل الرابع

حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة (التبريد - التجميد)

الدكتور محمود على بخيت

حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة

(التبريد - التجميد)

مقدمة:

يعتمد حفظ الأغذية بالتبريد أو التجميد على خفض درجة حرارة الغذاء إلى الحد الذي يجعل النمو الميكروبي وكذلك التفاعلات الكيميائية والحيوية أقل ما يمكن. وفي حالة التبريد يتم تخزين الغذاء على درجات حرارة أعلى من الصفر حيث تتراوح بين 4.5°C - 7°C م كما في حالة الثلاجات المنزلية وتقل عن ذلك في حالة المبردات التجارية وفي كل الأحوال لا تصل درجة حرارة الغذاء إلى نقطة التجمد وجدير بالذكر أن الماء النقي يتجمد على درجة صفر $^{\circ}\text{C}$ م بينما الماء الموجود في معظم الأغذية لا يبدأ في التجمد إلا على درجة 2°C م أو أقل وتعمل عملية التبريد على حفظ الأغذية سريعة الفساد من عدة أيام إلى أسابيع حسب نوع الغذاء وفي حالة التجميد فإن الغذاء المجمد يتم تخزينه على درجات حرارة تصل إلى 18°C م أو أقل وتصل مدة الحفظ إلى شهور أو سنوات تحت ظروف التعبئة الجيدة.

ومعظم الأحياء الدقيقة تنمو بسرعة على درجات حرارة أعلى من 10°C م وبعضها ينمو على درجات أقل من صفر $^{\circ}\text{C}$ م طالما وجد في بيئة النمو بعض الماء على صورة غير مجمدة وحتى وقت قريب كان الاعتقاد السائد أن الغذاء المبرد تبريداً مناسباً يكون آمناً من الناحية الصحية لعدم قدرة الميكروبات المرضية على النشاط والنمو وهذا حقيقي بالنسبة لمعظم الأحياء الدقيقة ولكن في السنوات الحديثة تم الكشف عن بعض الأحياء الدقيقة المنتجة للسموم في الأغذية والتي يمكنها النمو ببطء على درجات حرارة منخفضة تصل إلى 3.3°C م وعرفت باسم Cold tolerant disease causing وهو يعني الميكروبات المسببة للمرض ذات القدرة على تحمل البرودة وهكذا فإن الغذاء المحفوظ بالتبريد لا يفترض فيه دائماً أنه آمن الاستخدام. وبالنسبة للتجميد فقد وجد أنه لا يوجد نمو جوهري أو محسوس للأحياء

الدقيقة على درجات حرارة أقل من -9.5°C كما أنه يحدث نقص تدريجي في الأعداد الحية ولكن لا يتحقق القضاء الكامل على الأحياء الدقيقة وبالتالي عند صهر الغذاء يحدث نمو سريع وتزايد للأعداد ومن ثم إمكانية حدوث الفساد.

أولاً: حفظ الأغذية بالتبريد:

كما سبق وذكرنا فإن تبريد الأغذية يعتبر طريقة حفظ مؤقتة تتيح للغذاء أن يظل محتفظاً بجودته وخصائصه لمدة تتراوح بين عدة أيام إلى عدة أسابيع. تبريد الأغذية سريعة الفساد لا بد أن يبدأ من وقت الحصاد أو الذبح أو الصيد ويستمر أثناء النقل والتداول والتخزين والعرض حتى وقت الاستخدام النهائي وهذا ليس فقط للحد من الفساد الميكروبي وإنما أيضاً لتقليل التغيرات العكسية في صفات الجودة مثل الطعم والرائحة والقوام وكذلك القيمة الغذائية حيث أن تأخير عملية التبريد بعد الحصاد أو الذبح أو الصيد ولو لعدة ساعات قليلة يكون كافياً لحدوث فساد واضح في الغذاء ويكون ذلك ملموساً بدرجة كبيرة مع الفاكهة والخضروات التي تنشط فيها عملية التمثيل الغذائي وما يتبع ذلك من إنتاج الطاقة وكذلك عملية التنفس والتفاعلات التي تحدث في بعض الأغذية وتؤدي إلى تحول بعض المواد من صورة إلى أخرى مثل الفقد الذي يحدث في درجة الحلاوة للذرة السكرية والتي يحدث فيها فقد يصل إلى 10% من محتواها السكري في يوم واحد على درجة صفر $^{\circ}\text{C}$ وعلى نفس درجة الحرارة يصل الفقد إلى 20% في أربعة أيام بينما على درجة 20 $^{\circ}\text{C}$ يصل الفقد إلى 25% في يوم واحد وتزيد النسبة عن ذلك في الجو الحار. ولهذا كله لا بد من أن يبدأ التبريد في الحقل من وقت الحصاد حيث توجد أجهزة خاصة لذلك مثل جهاز الـ Portable hydro - cooler وفيه تتعرض الثمار لرذاذ من الماء البارد المحتوي على مادة مطهرة لتثبيط الأحياء الدقيقة الموجودة على السطح وذلك بمجرد قطفها تم تنقل الثمار باستخدام شاحنات مزودة بوسيلة تبريد مناسبة حتى تصل إلى مكان التخزين المبرد أيضاً وكذلك المتجر أو مكان عرضها للاستهلاك ويجب ملاحظة أن التبريد هو عملية سحب للحرارة من كتلة الثمار ولكي يكون التبريد سريعاً لا بد من تجزئة الكميات الكبيرة حتى لا يتسبب طول الوقت في فساد الثمار الموجودة في داخل الكتلة قبل أن يتم تبريدها أو وصولها لدرجة الحرارة المناسبة. ولذلك قد يتم رش الخضروات الورقية برذاذ من الماء ثم إحداث تفرغ

داخل حجرة التبريد مما يساعد على سرعة تبخر الماء وبالتالي يتحقق التبريد السريع والنسبة للأغذية السائلة فإنه يمكن تبريدها بسرعة باستخدام المبادلات الحرارية.

هذا وتعتمد كفاءة عملية التبريد على التحكم في ذبذبات درجة الحرارة والتحكم في حركة الهواء والرطوبة النسبية داخل غرف التبريد بالإضافة إلى التحكم في نوعية الغازات في جو التخزين مثل احلال غاز النيتروجين البارد الناتج من تبخير النيتروجين السائل.

وفيما يختص بجودة الأغذية المبردة فمن الممكن أن نفترض أن الفاكهة والخضروات الطازجة المبردة في المنزل تحت ظروف تبريد مناسبة ذات درجة جودة وقيمة غذائية عالية ولكن في حالة التبريد على نطاق تجاري سواء كان ذلك على نطاق كبير أو على مستوى محلات البقالة الكبرى فإن الأمر قد يختلف حيث أننا لا نستطيع أن نفترض في هذه الحالة أن عمليات تداول المحصول بدءاً من حصاده وحتى وصوله إلى أماكن البيع قد تمت بالعناية الكافية وبالتالي يمكن حدوث بعض الفقد في القيمة الغذائية أو صفات الجودة بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التبريد نفسها قد لا تتم بالطريقة الملائمة ولهذا فإن الأمر يتطلب تواجد رقابة قانونية أو تشريعات منظمة لحيازة الأغذية المبردة حتى يمكن المحافظة على جودة الغذاء وتوصيله إلى المستهلك في أفضل حالة ممكنة.

تبريد اللحوم:

تعتبر اللحوم من الأغذية سريعة الفساد ولهذا يجب تبريدها بعد الذبح مباشرة وأسرع أنواع اللحوم قابلية للتلف والفساد هو اللحم البقري الصغير (البتلو) ويمكن حفظه بالتبريد لبضعة أيام فقط ويليه لحم الخنزير ولحم الضأن حيث يمكن حفظهما بالتبريد لمدة أسبوعين ويليه ذلك اللحم البقري الكبير حيث يمكن حفظه بالتبريد لمدة تزيد عن الشهر أما الأنسجة الغدية مثل الكبد والكلاوي والمخ فإنها لا تحفظ بالتبريد وإنما يتم حفظها بالتجميد. وأنسب درجة حرارة لتبريد اللحوم هي صفر درجة مئوية (32° ف) على أن لا يتعدى التفاوت في درجة الحرارة $\pm 0.5^{\circ}$ م حيث أن زيادة درجة الحرارة عن ذلك ولو لدرجة واحدة قد يؤدي إلى نمو الفطريات على سطح اللحوم ويلاحظ أن اللحوم تتعرض لفقد في الوزن أثناء فترة التبريد تصل نسبته إلى حوالي 1.5 - 2.5% نتيجة تبخر جزء من رطوبتها ولهذا لا بد أن تكون الرطوبة النسبية في جو التخزين 90% على الأقل وذلك لتقليل الفقد في الوزن. ويفضل أن تستخدم غرف منفصلة لتبريد اللحوم ثم تنقل بعد ذلك إلى غرف التخزين حيث

أن استخدام غرفة واحدة للتبريد والتخزين يؤدي إلى حدوث تقلبات مستمرة في درجة الحرارة نتيجة دخول وخروج اللحوم بصفة مستمرة. هذا ويمكن تزويد غرف تبريد اللحوم وكذلك غرف التخزين بمصاييح الأشعة فوق البنفسجية لتساعد على منع نمو الأحياء الدقيقة المحبة للبرودة وخاصة الفطريات.

ومن ناحية أخرى يمكن زيادة مدة حفظ اللحوم بالتبريد عن طريق خفض درجة الحرارة إلى -1°C كما أن إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جو التخزين بنسبة 10 - 15% يؤدي أيضاً إلى نفس الغرض وكلما زاد تركيز الغاز تزداد مدة الحفظ ولكن هذا قد يتبعه حدوث تلون بني للحوم بسبب تحول صبغة الهيموجلوبين إلى ميتاهيموجلوبين. هذا وقد وجد أن ظروف ذبح الحيوان تؤثر على جودة اللحم المبرد حيث أن الحيوانات التي تكون في حالة راحة عند ذبحها تكون محتفظة بالجليكوجين في عضلاتها وبعد الذبح يتحول الجليكوجين إلى حمض اللاكتيك وهو يعتبر ذو تأثير حافظ ويحسن من جودة اللحم أثناء حفظه بالتبريد وعلى العكس من ذلك فإن الحيوانات التي تتعرض للتجهيز قبل الذبح تستهلك معظم الجليكوجين المخزن ولا يتبقى إلا القليل الذي يمكن أن يتحول إلى حامض لاكتيك ولهذا تقل درجة احتفاظها بجودتها.

تبريد الأسماك:

تبريد الأسماك لا يتم بغرض حفظها وإنما فقط للمحافظة على خصائصها وجودتها خلال فترة نقلها من أماكن الصيد إلى أماكن التسويق أو التصنيع وإذا زادت فترة التبريد عن اللازم فإن ذلك يسبب ليونة لحم السمك وتغير لون جلده وظهور رائحة غير مرغوبة. هذا ويفضل استخدام الثلج المجروش الناعم في عملية التبريد عن استخدام الثلجات حيث تزداد سرعة التبريد في الحالة الأولى والغرض من جرش الثلج وتنعيمه هو تجنب حدوث أى خدوش في أنسجة السمك حيث أن حدوثها يساعد على سرعة التلف والنسبة المثلى اللازم إضافتها من الثلج إلى الأسماك هي (1) ثلج: (2) سمك ويمكن رفعها إلى 1:1 في الأجواء الحارة ويوضع الثلج في طبقات متبادلة مع السمك على أن تكون الطبقة الأولى والأخيرة من الثلج وقد يضاف إلى الماء المستخدم في صناعة الثلج بعض المواد المطهرة مثل الكلور أو البنسلين.

تبريد الخضر والفاكهة:

الخضر والفاكهة المعدة للحفظ بالتبريد يجب أن تكون سليمة وخالية من الجروح والخدوش والعطب وأن تكون تامة النضج حيث أن الخضر والفاكهة الغضة تتعرض للانكماش ويتكون فيها طعم غير مقبول عند تخزينها في جو مبرد. هذا وتختلف مدة الحفظ بالنسبة لأنواع المختلفة من الخضر والفاكهة كما أنها تختلف بالنسبة للأصناف داخل النوع الواحد وقد وجد أيضاً أن ظروف النمو تؤثر أيضاً على درجة الحرارة المثلى للتبريد فمثلاً الجريب فروت المزروع في ولاية فلوريدا الأمريكية يحفظ بطريقة جيدة على صفر° م بينما الجريب فروت المزروع في ولاية تكساس يحفظ جيداً على 11° م ونظراً لأن الفاكهة والخضروات أنسجة حية فإن درجة حرارة التبريد إذا انخفضت عن اللازم فإنها قد تسبب تلف تبريدي Chill injury لها نتيجة التأثير على بعض الأنشطة الفسيولوجية فمثلاً في حالة الموز والبطاطس نجد أن درجة الحرارة أقل من 55° ف تقلل من نشاط بعض الأنزيمات المسؤولة عن عملية الانضاج الطبيعية مما يؤثر على عملية النضج ويحدث فقد في اللون وعند حفظ البطاطس بالتبريد بهدف استهلاكها كغذاء فإن الدرجة المثلى تكون في حدود 50 - 60° ف لأن درجات الحرارة الأقل من ذلك (32 - 35° ف) تؤدي إلى تحلل جزء من محتواها من المواد النشوية إلى سكريات وتكتسب اللون البني عند طبخها ولكن لا بد من مراعاة عدم حدوث إنبات للبطاطس على درجات حرارة التبريد المرتفعة ولهذا قد يستخدم التشيع بجرعات منخفضة (5 - 10 كيلو راد) لتنشيط عملية الانبات. أما في حالة تخزين البطاطس بغرض استخدامها كتنقاوي فإن ذلك يتم في الفترة من أول يوليو حتى آخر سبتمبر ودرجة الحرارة المثلى للتخزين هي 40° ف والرطوبة النسبية 85 - 90% حيث تبقى في حالة سكون لمدة 6 - 9 شهور حسب الأصناف المختلفة. وعموماً لا بد أن يتم فرز البطاطس قبل تخزينها في الحالتين واستبعاد الثمار المجروحة أو المتعفنة أو المتشققة ولا بد من التحكم جيداً في درجات الحرارة والرطوبة النسبية حيث أن التذبذب بين الانخفاض والارتفاع يؤدي إلى أضرار كثيرة ويعرض البطاطس للفساد والإصابة بالفطريات والفقد في الوزن والانبات أو التزريع. والجدول (9) يوضح درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لحفظ بعض الخضر والفاكهة بالتبريد وكذلك مدة الحفظ.

جدول (9): درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لحفظ الأغذية بالتبريد

المنتج	درجة الحرارة (°ف)	الرطوبة النسبية (%)	مدة الحفظ
التفاح	31 - 30	90 - 85	2 - 5 شهور
المشمش	32 - 31	90 - 85	1 - 2 أسبوع
المانجو	52 - 50	90 - 85	2 - 3 أسبوع
الموز الناضج	60 - 53	90 - 85	1 - 3 أسبوع
الموز الأخضر	70 - 62	95 - 90	أسبوع
العنب	32 - 31	90 - 85	3 - 6 شهور
التين	32 - 31	90 - 85	10 أيام
الكمثرى	48 - 37	90 - 85	1 - 2 شهر
البرتقال	37 - 35	90 - 85	8 - 10 أسبوع
الليمون الاضاليا	55 - 50	90 - 85	1 - 4 شهور
الليمون البلدى	50 - 48	90 - 85	6 - 8 أسبوع
الجزر (بالعرش)	32	95 - 90	4 - 5 شهور
الجزر (بدون عرش)	32	95 - 90	10 - 14 يوم
البسلة الخضراء	45	90 - 85	8 - 10 أيام
الفاصوليا	50 - 45	90 - 85	8 - 10 أيام
السبانخ	32	95 - 90	10 - 14 يوم
الخرشوف	32 - 31	95 - 85	شهر
الكرنب	32	95 - 90	3 - 6 أسابيع
الخيار	50 - 45	95 - 85	2 - 3 أسبوع
البنجر (بالعرش)	32	95 - 90	1 - 3 شهر
البنجر (بدون عرش)	32	95 - 90	10 - 14 يوم
البطاطس (تقاوي)	40 - 38	90 - 85	6 - 9 شهور
الطماطم الناضجة	50 - 40	90 - 85	7 - 10 أيام
الطماطم الخضراء	70 - 55	85 - 80	3 - 5 أسابيع

ويجب أن يراعى فى العبوات المستخدمة فى تعبئة الفاكهة والخضروات أن تكون منفذة للأكسجين بدرجة قليلة حيث أن أنسجة الفاكهة والخضروات تظل حية أثناء التبريد ولذلك فهي تنفس أي تمتص الأكسجين وتطرد ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وتستخدم هذا الأكسجين في إنتاج الطاقة من خلال استهلاك النشا المخزون بها وإذا زادت كمية الأكسجين عن اللازم يزداد استهلاك النشا وتقل فترة الحفظ وإذا انخفض مستوى الأكسجين عن اللازم فإن هذا يؤدي إلى تحلل الأنسجة وإنتاج الكحولات والأحماض وتكتسب الأنسجة قواماً عجيباً.

وبصفة عامة لابد من توافر الاشتراطات الصحية في أماكن التبريد حيث أن ذلك يعتبر ضرورياً ليس فقط بالنسبة للمستهلك وإنما أيضاً بالنسبة للمنتج حيث أن ذلك يساعد على حماية الخامات من التلف أو الفساد بواسطة الإصابات الحشرية أو الحيوانية أو الميكروبية وهذا يوضح أهمية عمليات الفرز والنقع والغسيل أثناء عملية الإعداد والتجهيز ومن الأفضل أن يتم تبريد كل نوع من الأغذية بمفرده ولكن في كثير من الأحيان لا يكون هذا مناسباً من الناحية الإقتصادية ولهذا قد يحدث تبادل للنكهات بين بعض الأغذية فمثلاً الزبد واللبن يمكنهما امتصاص الروائح الناتجة من السمك والفاكهة كذلك البيض يمتص الرائحة من البصل ولذلك يفضل أن يتم تخزين الأغذية ذات الروائح النفاذة منفصلة عن بعضها.

ومن أهم التغيرات الممكن حدوثها في الأغذية المحفوظة بالتبريد حدوث بعض الفقد في صلابة أنسجة الفاكهة والخضروات وتغيرات في لون اللحوم الحمراء وتحلل وأكسدة الدهون وليونة أنسجة السمك وتكون كتلات وتجمعات في الأغذية المسحوقية وحدث تجلد في الخبز والكيك نتيجة زيادة معدل ترسيب النشا وكذلك بعض الفقد في الفيتامينات خاصة في حامض الأسكوربيك والثيامين بالإضافة إلى تبخر الرطوبة خاصة من اللحوم والجبن المحفوظ بدون تغليف جيد أو محكم .

ثانياً: الحفظ بالتجميد:

كما سبق وذكرنا فإن عملية الحفظ بالتبريد على درجات الحرارة في المدى 5 - 8°م تعتبر وسيلة حفظ مؤقتة وإطالة فترة الحفظ لمدة طويلة فإن ذلك يتطلب خفض درجة الحرارة إلى الحد الذي يؤدي إلى تجمد محتوى الغذاء من الماء وهكذا يصبح الوسط غير ملائم لنمو الأحياء الدقيقة أو حدوث التفاعلات الكيميائية أو النشاط الإنزيمي. فيما يخص

الأحياء الدقيقة فإنه يلزم لوقف نشاطها خفض درجة الحرارة إلى -10°C م بينما يتطلب وقف النشاط الانزيمي خفض درجة الحرارة إلى -18°C م وهذا قد يتوفر إلى حد ما في المجمدات المنزلية Deep freezers ولكن عند التجميد على نطاق تجاري يتم خفض درجة الحرارة إلى -29°C م حتى يمكن الحصول على أغذية مجمدة بدرجة جودة عالية وإطالة مدة الحفظ ولكن رغم الوصول إلى هذه الدرجات المنخفضة يتبقى جزء من الماء (حوالي 10٪) دون أن يتجمد وبالتالي يمكن للتفاعلات الكيميائية أن تحدث ولكن ببطء شديد وهكذا تتأثر جودة الغذاء بمرور الوقت.

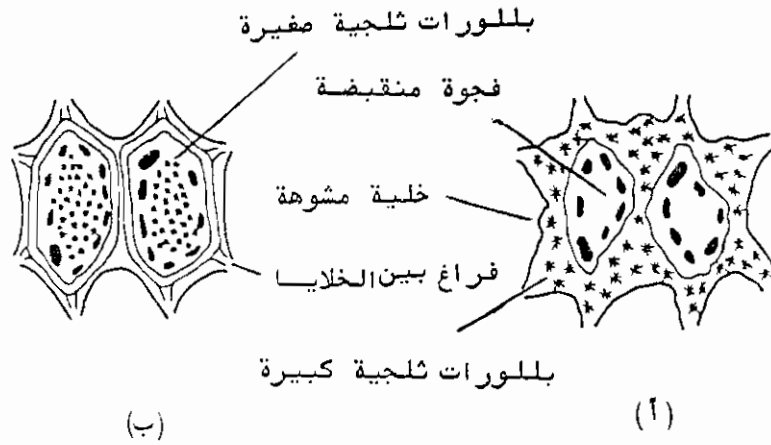
ومعظم الأغذية الطازجة تحتوي على أكثر من 60٪ ماء وبعض هذا الماء يعرف بالماء المرتبط حيث يرتبط بدرجات قوة مختلفة بمكونات الخلايا والباقي يعرف بالماء الحر ونسبة الماء المرتبط في الخلايا النباتية تصل إلى حوالي 6٪ بينما تصل هذه النسبة إلى حوالي 12٪ في الخلايا الحيوانية والماء الحر النقي كما هو معروف يتجمد على درجة الصفر المئوي بينما الماء الحر في الأغذية يحتاج إلى درجات حرارة أكثر انخفاضاً نظراً لأن المواد الصلبة الذائبة فيه مثل السكريات والأملاح والأحماض العضوية تؤدي إلى خفض نقطة تجمد هذا الماء وكلما زاد تركيز المواد الذائبة كلما انخفضت نقطة التجمد وهذا يحدث أثناء عملية التجميد حيث كلما تجمد قدر من الماء فإن المحلول المتبقي يصبح أكثر تركيزاً وبالتالي تنخفض درجة الحرارة اللازمة للتجمد وهكذا فمثلاً عند تجميد البسلة نجد أن 64٪ من الماء الحر يتجمد على -5°C م بينما يتجمد 86٪ منه على -15°C م و 92٪ منه على -30°C م.

ونظراً لاختلاف الأغذية في محتواها المائي من حيث الكمية الكلية وكمية الماء الحر والماء المرتبط وكذلك الاختلاف في محتواها من المواد الصلبة الذائبة فإن لكل نوع من الأغذية درجة تجمد ابتدائية خاصة به ويتطلب وقتاً مختلفاً للوصول إلى الحالة المجمدة وحتى في النوع الواحد قد يؤدي اختلاف ظروف الزراعة والنمو إلى اختلاف التركيب الكيميائي وبالتالي اختلاف نقطة التجمد.

ومما سبق يتضح لنا أن الغذاء لا يتجمد بطريقة متجانسة ولا يتغير فجأة من الحالة السائلة إلى المجمدة فمثلاً عند تجميد غذاء مثل اللبن فإن الجزء الملاصق لجدران العبوة يتجمد أولاً والبللورات المتكونة أولاً تكون عبارة عن ماء نقي ومع استمرار تجمد الماء يصبح اللبن أكثر تركيزاً في محتواه من المعادن والسكريات والبروتين والدهون وبالتالي يحتاج إلى

درجة حرارة أكثر انخفاضاً ومع استمرار تجمد الماء يزداد التركيز وتزداد الحاجة إلى خفض درجة الحرارة وهكذا وقد يظل المركز سائلاً دون أن يتجمد إلا إذا تم خفض درجة الحرارة بدرجة كافية.

ولكن لا بد أن نعرف أن جودة الغذاء المجمد لا تتوقف فقط على انخفاض درجة حرارة التجميد وإنما أيضاً وبدرجة كبيرة على سرعة هذا الخفض وهو ما يسمى بمعدل التجميد Freezing rate وكلما زادت سرعة التجميد أمكن الحصول على منتجات مجمدة بدرجات جودة أفضل حيث أن الخلايا النباتية تحتوي على فجوات واسعة نسبياً وهذه الفجوات تحتوي على معظم كمية الماء الحر وعند إجراء عملية التجميد بمعدل سريع تتكون بللورات ثلجية صغيرة داخل الفجوات وبالتالي لا يتأثر التركيب الخلوي ولا يحدث أي تحطيم لجدر الخلايا ولكن إذا أجريت عملية التجميد بمعدل بطيء فإن هذه البللورات الثلجية تأخذ وقتاً كافياً للنمو وتزداد في حجمها مما يؤدي إلى تحطيم جدر الخلايا وخروج ما بها من سوائل ونفس الأمر يحدث في الخلايا الحيوانية التي تحتوي على فجوات مماثلة والشكل (27) يوضح تأثير معدل التجميد على الخلية النباتية.



(شكل 27)

(أ) الخلية النباتية بعد التجميد البطيء.

(ب) الخلية النباتية بعد التجميد السريع.

خطوات صناعة التجميد:

عند تجميد الأغذية لابد من اختيار المنتجات ذات درجة الجودة العالية وخاصة بالنسبة للخضروات والفاكهة حيث يجب أن تكون تامة النضج وكذلك في حالة اللحوم والأسماك والدواجن لابد أن تكون بحالة جيدة ولذلك يجب إجراء عمليات الفرز والغسيل بعناية تامة والخطوات التي تلي ذلك هي:

١- إعداد الغذاء:

تختلف عملية إعداد الغذاء في الصورة التي سوف يجمد عليها تبعاً لاختلاف نوعه فمثلاً بالنسبة للدواجن بمجرد ذبحها وتنظيفها يجب تبريدها في الثلاجة أو غسلها بماء مثلج لإزالة معظم حرارة الجسم ثم تربط الأرجل والأجنحة ملاصقة للجسم حتى لا تشغل حيزاً كبيراً وتعباً كل دجاجة على حدة في عبوة مقاومة لنفاذ الرطوبة وعادة يتم ذلك في أكياس من البولي إيثيلين ويجب أن يكون الكيس ملتصق تماماً بالجسم للتخلص من الهواء ثم يقفل طرفه جيداً وبالنسبة للقلوب والقوانص والكبد يفضل استخدامها طازجة أو يتم تجميدها منفصلة عن الدواجن.

وفي حالة اللحوم لابد من تقطيع الأجزاء الكبيرة إلى أحجام مناسبة ثم تغلف وبالنسبة للقطع الصغيرة يمكن وضعها في عبوة واحدة مع فصل القطع عن بعضها بواسطة ورق مضاد للشحوم حتى يسهل فصلها عن بعضها.

وعند تجميد السمك لابد من تنظيفه وتبريده بالثلج المجروش بمجرد صيده وفي حالة الأسماك الصغيرة يمكن ترك الرأس والذيل ولكن من الأفضل إزالتها. أما الأسماك الكبيرة فبعد تنظيفها وإزالة الرأس والذيل تقطع إلى شرائح وتغلف.

وبالنسبة للخضروات يتم إعدادها وتجهيزها في الصورة التي سوف تطبخ عليها أما الفاكهة فيجب اختيارها بعناية واستبعاد الثمار المخدوشة أو المشوهة أو غير الناضجة أو حتى الزائدة في النضج وعادة تجمد الفاكهة بعد خلطها جيداً مع السكر حتى يذوب ويتخلل انسجتها ويتم ذلك بمعدل رطل سكر لكل أربعة أرطال فاكهة أو تجميدها في محلول سكري بنسبة 40٪ إلى 60٪ فاكهة.

هذا وقد يتم تجميدها في صورة كاملة أو مجزأه ويفضل إجراء عملية تدرج حجمي للخامات المجهزة حتى يمكن تجميد الوحدات المتماثلة في الحجم مع بعضها كما يمكن إجراء التدرج وصفيًا حسب درجات الجودة.

ب- إجراء عملية السلق أو الكبرنة:

تجرى عملية السلق بالنسبة للخضروات التي سوف تؤكل مطبوخة مثل البسلة والفاصوليا وذلك لتقليل التغيرات الطبيعية والكيميائية إلى أقل حد ممكن وقد تجرى أيضا عملية السلق للفاكهة باستخدام البخار وإن كانت تؤدي إلى ليونة الأنسجة وفقد القوام الصلب وظهور طعم مطبوخ غير مرغوب ويمكن الاستغناء عنها بإجراء عملية الكبرنة وإن كان هذا يسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفواكة.

وكما سبق ذكره تختلف مدة السلق حسب درجة حرارة الماء ونوع الثمار فمثلا عند السلق باستخدام الماء المغلي فإن مدة السلق للبسلة الصغيرة تستغرق دقيقة واحدة وتحتاج السبانخ والفاصوليا إلى دقيقتين واللوبيا ثلاث دقائق والبطاطس والجزر من 3 - 6 دقائق... إلخ.

وعلى نطاق المنزل فإن عملية السلق تتم باستخدام الماء على درجة حرارة الغليان بمعدل جالون واحد من الماء (حوالي 4.5 لتر) لكل رطل من الخضروات ويجب أن تتم عملية السلق على وجبات بحيث يوضع رطل واحد من الخضروات في كمية الماء كل مرة ثم يترك الماء ليغلي على أن يتم ذلك خلال دقيقة من الغمر ثم تحسب مدة السلق من بداية غليان الماء ثم تغمر الخضروات بعد انتهاء السلق في وعاء آخر به ماء مثلج لمدة مساوية لزمان السلق وفي كلتا الحالتين (السلق والتبريد) يمكن وضع الخضروات في قطعة من الشاش أو مصفاه من السلك وتستخدم نفس الكمية من ماء السلق 6 - 7 مرات وبعد ذلك تصفى الخضروات ثم تعبأ في عبوات مناسبة ومحكمة القفل ثم تجمد.

ج- إجراء عملية التجميد:

على النطاق المنزلي فإن تجميد الأغذية باستخدام المجمد الملحق بالثلاجات (Freezer) يصلح فقط على المدى الزمني القصير أما إذا أردنا تخزين الغذاء المجمد لفترات طويلة فيجب أن يتم ذلك باستخدام المجمدات العميقة Deep Freezers حيث تنخفض درجة الحرارة في

هذه الأنواع إلى -18°C وهكذا يمكن حفظ الغذاء لفترات طويلة قد تصل إلى سنة مع احتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفات الجودة والقيمة الغذائية بالمقارنة بعدة شهور فقط في حالة المجمد الملحق بالثلاجات حيث تنخفض درجة الحرارة إلى حوالي -10°C فقط.

وبالنسبة للتجميد على نطاق تجاري فإن ذلك يتم بعدة طرق نوجزها فيمايلي:

أولاً: التجميد بالتلامس المباشر:

في هذه الطريقة يتم خفض درجة الحرارة نتيجة التلامس المباشر بين الغذاء وعامل التبريد حتي الوصول إلى الحالة المجمدة وعامل التبريد المستخدم عادة هو الهواء ولذلك تسمى الطريقة أيضاً التجميد بالهواء وتوجد عدة وسائل لإجراء هذه العملية.

1- التجميد باستخدام الهواء الساكن:

يوضع الغذاء في حجرة تبريد معزولة جيداً على درجة حرارة في حدود -23°C - -30°C م وقد تستخدم المرواح لتحريك الهواء لزيادة كفاءة عملية التجميد وحسب حجم المادة الغذائية أو العبوة وكذلك درجة الفصل بين وحدات الغذاء فإن زمن التجميد يتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام ونظراً لبطء معدل التجميد قد تحدث بعض التغيرات غير المرغوبة في القوام وأحياناً قد يحدث بعض الفساد للمنتج قبل الوصول للحالة المجمدة.

2- التجميد باستخدام الهواء المتحرك:

في هذه الطريقة تنخفض درجة الحرارة في غرفة التبريد إلى حوالي -30°C م - -45°C م مع استخدام المرواح لتصل سرعة الهواء إلى 10 - 15 م/ثانية وهكذا فإن سرعة الهواء تساعد على تحسين عملية انتقال الحرارة مما يقلل من عيوب الطريقة السابقة حيث أنه تحت هذه الظروف فإن عبوات الفاكهة زنة 30 رطل من الفاكهة تصل إلى الحالة المجمدة خلال 12 - 18 ساعة بينما يستغرق ذلك حوالي 72 ساعة في حالة استخدام الهواء الساكن.

3- Fluidized - Bed Freezing:

في هذه الطريقة تزداد حركة الهواء بحيث يحدث تدفق لجزيئات المادة الغذائية وهذا يؤدي إلى تلامس كل جزيئات الغذاء مع الهواء البارد مع استمرار حركتها أثناء العملية وحتى تخرج إلى حيث التعبئة ويستغرق زمن التجميد في هذه الحالة عدة دقائق.

عموماً فإن الغذاء في كل الحالات السابقة يتم تحميله على طاولات خاصة في صورة سائبة أو معبأة أو قد يوضع على سير معدني يتحرك أو تستخدم سلال من المعدن المثقب. ويعتمد معدل التجميد على معدل انتقال الغذاء داخل حجرة التجميد وعلى سرعة الهواء ودرجة برودته. هذا وتتم العملية داخل الانفاق باستخدام عربات خاصة تحمل عليها الطاولات أو السلال وتدخل نفق التبريد حتى تتم عملية التجميد ثم تخرج من الناحية الأخرى.

ثانياً: التجميد بالتلامس غير المباشر:

في هذه الطريقة يوضع الغذاء على ألواح أو صواني أو سيور يتم تبريدها بوسيلة تبريد مناسبة بحيث تصبح الوسائل المحمل عليها الغذاء حائلاً بين الغذاء ووسيلة التبريد المستخدمة وبهذا يكون الغذاء في حالة تلامس مباشر مع سطح التبريد وتلامس غير مباشر مع وسيلة التبريد وهذه الطريقة تسمح باستخدام وسائل التبريد التي قد تؤثر عكسياً على خصائص الغذاء وعادة تستخدم محاليل ملحية أو غازات تبريد في صورة سائلة. وعادة يوضع الغذاء في صواني خاصة توضع بين ألواح مبردة ولذا يطلق عليها مجمدات الألواح Plates Freezers. وهذه الطريقة تناسب المنتجات المسطحة بصفة خاصة مثل شرائح السمك والبرجر وبهذا تتلافى حدوث أي تغيرات في طعم الغذاء نتيجة عدم وجود تلامس مباشر بين الغذاء وعامل التبريد وكذلك تتلافى تفاعلات الأكسدة التي قد تحدث في حالة التجميد باستخدام الهواء. وعادة يتكون المجمد من عدة أرفف أو ألواح معدنية يدور بداخلها سائل التبريد ويوضع الغذاء في صورة عبوات مسطحة بين هذه الألواح التي يمكن التحكم في حركتها بحيث يمكن بعد التحميل تضيق المسافة بين الألواح والغذاء لتصبح ملاصقة لقمة وقاع العبوات وذلك لإسراع عملية التجميد وكل ذلك يكون داخل حيز معزول جيداً وحسب درجة حرارة سائل التبريد وحجم العبوة ودرجة التلامس ونوع الغذاء يتحدد زمن التجميد الذي يستغرق عادة حوالي 1 - 2 ساعة للعبوات ذات السمك 4 - 5 سم ويتم التجميد على وجبات.

وهناك مجمدات ألواح تعمل بطريقة مستمرة أوتوماتيكية مجهزة بنظام تحميل أوتوماتيكي من خط التعبئة وبمجرد تحميل الأرفف يتم ضغطها بحيث يكون كل رف ملاصقاً للرف الذي يسبقه وتتحرك الأرفف إلى منطقة التجميد وفي نهاية هذه المنطقة يتم تفريغ الأرفف التي تم تجميد محتواها من الغذاء وتعود الأرفف الفارغة إلى موضع التحميل.

وكما سبق وذكرنا فإن كفاءة عملية التجميد بالتلامس غير المباشر تتوقف إلى حد كبير على مدى التلامس بين الأرفف أو الألواح مع الغذاء ولهذا نجد أن المنتجات التي تكون في صورة شرائح مثل اللحوم والأسماك تتجمد بسرعة أكبر عن الأغذية الموجودة في صورة قطع أو وحدات مثل الخضروات والجمبري حيث أن الأخيرة تكون وحداتها منفصلة، عن بعضها بمسافات بيئية هوائية.

في حالة الأغذية السائلة فإن التجميد بالتلامس غير المباشر يتم باستخدام المبادلات الحرارية ذات الأنابيب حيث يمر الغذاء في الأنبوبة الداخلية المزودة بعمود إدارة يدفع الغذاء أثناء مروره وكذلك مزودة بسكاكين كشط متصلة بعمود الإدارة وتتحرك معه وذلك لكشط أجزاء الغذاء من على السطح المبرد بينما يمر عامل التبريد المستخدم في الفراغ الموجود بين هذه الأنبوبة الداخلية وأنبوبة أخرى خارجية قطرها أكبر. هذا وتؤدي عملية الكشط المستمرة للغذاء إلى زيادة معدل التجميد حيث تجعل الجدار البارد للأنبوبة الداخلية خالياً من طبقات الغذاء المتجمد التي لو بقيت ملتصقة به فإنها تعمل كعازل يقلل من سرعة التجميد كما أن هذه السكاكين تقوم بكشط بللورات الثلج المتكونة أيضاً على سطح الجدار المبرد وهذه البللورات تتخلل كتلة الغذاء غير المجمد مما يسرع من عملية التجميد بالإضافة إلى أن حركة السكاكين وعمود الإدارة تجعل الغذاء في حركة مستمرة مما يتيح الفرصة لتلامس الغذاء باستمرار مع الجدار المبرد. عملية التجميد تحدث خلال عدة ثواني ولكنها لا تكون كاملة حيث يصبح الغذاء في صورة قوام رقيق متماسك يخرج من المبادل إلى خط التعبئة ثم تكمل عملية التجميد باستخدام الهواء أو الغمر.

ثالثاً: التجميد بالغمر Immersion Freezing :

التجميد بالغمر مباشرة في سائل التبريد يحقق المميزات الآتية:

- 1- الإتصال المباشر بين الغذاء أو العبوة مع وسائل التبريد وهذا مهم جداً بصفة خاصة مع قطع الأغذية ذات الشكل غير المنتظم مما يسرع من عملية التجميد كما في حالة الجمبري والمشروم.
- 2- عدم وجود الهواء يحمي الأغذية من تعرضها للأكسدة.
- 3- الحصول على درجة جودة عالية مع بعض الأغذية لا تحقق باستخدام طرق التجميد الأخرى.

سوائل التبريد المستخدمة في هذه الطريقة لا بد أن تكون غير سامة وأن تكون نقية وخالية من الطعوم الغريبة والرائحة والملونات وأن لا يكون لها تأثير مبيض ولا تسبب تآكل للعبوات أو تكون مصدر تلوث لها. وعموماً فإن سوائل التبريد المستخدمة تنقسم إلى قسمين أساسيين:

1- السوائل ذات درجة التجميد المنخفضة والتي يتم تبريدها عن طريق تلامس غير مباشر مع عامل تبريد آخر ومن أمثلتها المحاليل السكرية والملحية والجليسرول وهي يمكن استخدامها مع الأغذية غير المعبأة. ويجب أن يكون تركيز هذه المحاليل كافياً بحيث تظل سائلة على درجة - 18° م أو أقل حتى تكون مؤثرة فمثلاً في حالة محلول كلوريد الصوديوم فإن الوصول إلى هذه الدرجة يتطلب أن يكون التركيز حوالي 21٪ ويمكن الوصول إلى - 21° م إذا ارتفع التركيز إلى 23٪ وهذه هي أقصى درجة يمكن الوصول إليها حيث أن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك سوف يؤدي إلى حدوث تجمد للمحلول وهذا يعني أن هذه الدرجة تعتبر النقطة الحرجة critical point التي لا يمكن الوصول إلى درجة حرارة أقل منها. والمحاليل الملحية لا يمكن استخدامها مع الأغذية غير المعبأة التي لا يستحب فيها الطعم المالح ولهذا فإن الاستخدام الواسع لها يكون مع الأسماك وخاصة أثناء الصيد في البحر الذي يستغرق فترات طويلة بينما تستخدم المحاليل السكرية عند تجميد الفاكهة وحتى تظل سائلة على - 18° م يجب أن يكون ثلثي المحلول عبارة عن سكروز والباقي ماء وهذا ينتج عنه لزوجة عالية على هذه الدرجات المنخفضة ولهذا قد يستبدل بمحلول الجليسرول والماء وخاصة مع أنواع الفاكهة التي لا يستحب فيها أن تكون محلاة ويمكن الوصول إلى - 47° م باستخدام محلول تركيزه 67٪ جليسرول، بالإضافة إلى المحاليل السابقة يوجد أيضاً محلول البروبيلين جليكول مع الماء بنسبة 60 : 40 على التوالي وهذا المحلول يتجمد على - 51° م وهو غير سام ولكنه ذو طعم لاذع ولهذا لا يستخدم إلا مع الأغذية المعبأة.

2- الغازات السائلة - ويطلق عليها الـ Cryogenic Liquid وهي عبارة عن غازات مسالة ذات درجة غليان منخفضة جداً مثل التروجين السائل الذي يغلي على درجة - 196° م وثنائي أكسيد الكربون السائل الذي يغلي على درجة - 79° م والأول هو الشائع استخدامه حيث أنه يمتاز بالآتي:

- 1- درجة غليانه منخفضة جداً مما يسرع بدرجة كبيرة من عملية تبادل الحرارة.
- 2- درجة الحرارة المنخفضة اللازمة لعملية التجميد يتم الحصول عليها من تبخير النتروجين السائل وبالتالي لا نحتاج إلى عوامل تبريد أخرى.
- 3- غير سام وخامل لا يتفاعل مع مكونات الأغذية كما أنه عندما يحل محل الهواء فإنه يحمي الغذاء من تفاعلات الأكسدة سواء أثناء عملية التجميد نفسها أو أثناء التخزين بعد ذلك.
- 4- نظراً لسرعة التجميد فإنه يعطي درجة جودة عالية للمنتجات بالمقارنة بالغازات الأخرى.

ولكن ما يعيب استخدام النتروجين السائل هو تكلفته العالية ورغم أن كثير من المنتجات لا تحتاج إلى استخدام هذا النوع من التجميد السريع لنحصل على جودة عالية إلا أن بعض الأغذية مثل المشروم لا يمكن تجميدها بالطرق الأخرى بدون حدوث بعض التلف أو التغيرات غير المرغوبة في الأنسجة.

وبالنسبة للصفات الحرارية للنتروجين السائل نجد أنه عندما يتبخر من سائل على درجة -196°C ويتحول إلى غاز على نفس الدرجة فإن كل كجم واحد من النتروجين السائل يمتص كمية من الحرارة قدرها 200 كيلو جول وهي عبارة عن الحرارة الكامنة للتبخير وبعد ذلك فإن كل كجم واحد من الغاز الناتج الذي درجة حرارته -196°C يمتص 186 كيلو جول لكي تصبح درجة حرارته -18°C وبهذا تصبح كمية الحرارة الكلية الممتصة بواسطة سائل النتروجين 386 كيلو جول/كجم. ومعرفة هذه الحقائق مهم جداً عند تصميم المجمدات التي تستخدم سائل النتروجين في صورة رذاذ حيث يجب أن يلامس النتروجين سطح الغذاء في صورة نقط سائلة حتي يمكن الاستفادة من التأثير التبريدي الكامل له بينما لو حدث تبخير لسائل النتروجين قبل ملامسته للغذاء فإن الحرارة المفقودة من الغذاء سوف تكون 186 كيلو جول/كجم سائل فقط وذلك من خلال ارتفاع درجة حرارة الغاز من -196°C إلى -18°C .

عموماً فإن استخدام النتروجين السائل يمكن معه تجميد الأغذية - على درجات حرارة تصل إلى -45°C ويمكن أقل من ذلك بكثير ولكن الدرجة المنخفضة عن ذلك تتطلب تكلفة اقتصادية عالية وقد تسبب بعض الضرر لأنواع معينة من الأغذية والجودة العالية للغذاء

المجمد تعتمد على سرعة الوصول إلى هذه الدرجة وفي حالة كثير من الخضروات والفاكهة وكذلك اللحوم والأسماك يستغرق ذلك حوالي 1 - 3 دقائق. وعموماً فإن التطبيق الأكثر انتشاراً بالنسبة لاستخدام النتروجين السائل نجده مع الجمبري حيث يتم دخول الجمبري إلى نفق التجميد محملاً علي صواني أو طاولات خاصة من طرف ورذاذ النتروجين السائل يتم رشه في الطرف الآخر من النفق، الرذاذ يتبخر إلى غاز ويتجه إلى الطرف الآخر من النفق ليقابل في طريقه الجمبري القادم من الاتجاه الآخر وهكذا يتم تبريد الجمبري أولاً بالغاز البارد إلى صفر ° م قبل أن يصل إلى منطقة الرذاذ وعند وصوله إليها يتجمد سطح الجمبري وتصل درجة حرارته - 185 ° م ثم يتحرك إلى منطقة أخرى يحدث فيها التوازن بين درجة حرارة السطح والمركز لتصبح درجة الحرارة حوالي - 45 ° م ثم يمر الجمبري إلى منطقة يتعرض فيها إلى رذاذ من الماء الذي يتجمد في صورة طبقة ثلجية رقيقة على سطح الجمبري تحميه من فقد الماء أثناء التخزين وتصبح درجة حرارة الجمبري - 30 ° م ويخرج للتعبئة ثم يخزن على - 23 ° م . وبصفة عامة يمكن القول أن التجميد بالنتروجين السائل سوف ينتج عنه فقد أقل في الرطوبة أثناء التجميد وكمية أقل من السائل المنفصل عند الانصهار بالمقارنة بطرق التجميد الأخرى والتي قد يصل فيها الفقد في الوزن إلى حوالي 7.5 في بعض الأغذية.

أما فيما يختص بثاني أكسيد الكربون فإنه يستخدم في صورتين إحداهما جافة وهي عبارة عن الثلج الجاف في صورة مسحوق يخلط مع الغذاء بطريقة ميكانيكية ويحدث له تسامي على درجة - 79 ° م أو يستخدم في صورة سائلة حيث يتم رشه في صورة رذاذ على سطح الغذاء. وقد وجد أن درجة الجودة المتحصل عليها تماثل تلك الناتجة باستخدام النتروجين السائل ومقدرته على امتصاص الحرارة أكثر وبالتالي فإن استخدامه يعتبر أفضل من الناحية الاقتصادية وإن كان استخدامه محدوداً نظراً لحدوث عملية كربنة للغذاء carbonation تؤثر على طعمه.

د- تعبئة الأغذية المجمدة:

هناك اعتبارات لابد من مراعاتها عند تعبئة الأغذية المجمدة حيث يميل الثلج إلى التسامي من سطح الغذاء المجمد إلى جدران المجمدات أو حجرات التخزين ولهذا فإن مواد التعبئة يجب أن تكون مقاومة بدرجة عالية لنفاذية بخار الماء. كما أن معظم الأغذية يزداد حجمها عند تجميدها بنسبة قد تصل إلى 10 ٪ ولهذا لابد أن تتصف العبوة بالمرونة والقوة.

كذلك لا بد أن توفر العبوة الحماية للغذاء من الهواء والضوء خاصة عند التخزين لفترات طويلة. وفي حالة صهر الغذاء عند استخدامه في عبوته فلا بد أن تمتاز العبوة بقدرتها على ربط الماء ومنع تسربه. عموماً فإن العلب الصفائح ورقائق البلاستيك والورق الشمعي والفويل كلها عبوات مناسبة بينما تستبعد العبوات الزجاجية التي تتعرض للتهشم نتيجة تمدد الغذاء أو بتأثير الصدمة الحرارية.

هـ- تخزين الأغذية المجمدة:

بعد انتهاء عملية التجميد لا بد أن يتم تخزين الأغذية المجمدة على درجات حرارة منخفضة تسمح بالمحافظة عليها في الصورة المجمدة ولا تؤدي إلى إنصهارها، وعموماً فإن الفاكهة والخضروات يمكن أن تخزن على -18°C وتظل بحالة جيدة لمدة تصل إلى سنة بينما اللحوم والأسماك تختلف مدة تخزينها على هذه الدرجة حسب نوعها ودرجة جودتها الأصلية ولكن كما سبق القول فإنه يفضل تخزين الأغذية المجمدة على نطاق تجاري على درجات أقل من ذلك (-29°C) حتى يمكن المحافظة على درجة الجودة والقيمة الغذائية لأطول فترة ممكنة والجدول (10) يوضح الزمن بالتقريب الذي يمكن خلاله تخزين الأغذية المجمدة على -18°C .

جدول (10): مدة تخزين الأغذية المجمدة على درجة -18°C م

المنتج	مدة الحفظ بالشهر	المنتج	مدة الحفظ بالشهر
الفاكهة	12	البيض	10
الخضروات	12	الخبز	12
لحم البقر	12 - 10	عجينة الخبز	2 - 0.5
لحم الضأن	12 - 10	الكيك	8 - 4
لحم الخنزير	6 - 3	عجينة الكيك	3 - 2
الدواجن	8 - 6	عجائن الفطائر	6 - 2
السماك الدهني	3	اللحم المطبوخ	8 - 3
السماك اللحمي	6	طواجن المسبكات	2
السجق	3 - 1	الجبن الطري	8
الجبن الصلب	3	الكريمة	6 - 4

صهر الأغذية المجمدة:

تستغرق عملية الانصهار للأغذية المجمدة زمناً يعادل 3 - 5 مرات الزمن الذي تستغرقه عملية التجميد ويرجع ذلك إلى انصهار طبقة الثلج السطحية وتكوين طبقة من الماء على سطح الغذاء والمعروف أن الماء له درجة توصيل حراري منخفضة بالمقارنة بالثلج ولهذا فإنه يقلل من معدل وصول الحرارة إلى الأجزاء الداخلية ويزداد هذا التأثير العازل كلما زاد سمك طبقة الغذاء المجمد. ونظراً لطول الفترة التي تستغرقها عملية الانصهار فإن أي تلف لجدران الخلايا بسبب التجميد البطيء سوف ينتج عنه خروج مكونات الخلية وهو ما يسمى بالسائل المنفصل (Drip) وهذا يسبب فقداً كبيراً في المغذيات الذائبة في السائل الخلوي فمثلاً اللحم البقري يفقد حوالي 7.8% من حمض الفوليك، 10.7% من الريبوفلافين و 12.1% من الثيامين و 14.7% من النياسين و 32.7% من البيروكسين بينما تفقد الفاكهة حوالي 30.7% من فيتامين C. بالإضافة إلى ذلك فإن هذا السائل المنفصل يمثل مادة تفاعل خصبة للنشاط الانزيمي والنمو الميكروبي خاصة في حالة عدم إجراء عملية السلق أو إجرائها بدرجة غير كافية للقضاء على النشاط الانزيمي.

بالنسبة للخضروات التي سوف تؤكل مطبوخة فإنها لا تحتاج إلى إجراء عملية الإنصهار والأفضل طبخها من الحالة المجمدة ويتم ذلك بوضعها في كمية قليلة من الماء المغلي وفصلها عن بعضها أثناء غليان الماء باستخدام شوكة الطعام وبحسب زمن الطبخ من بداية غليان الماء وعادة تستغرق عملية الطبخ بالنسبة للخضروات المجمدة زمناً أقل منه في حالة طبخ الخضروات الطازجة نظراً لإجراء عملية السلق قبل التجميد وليونة الأنسجة نتيجة عملية التجميد.

كذلك في حالة الأسماك يتم طبخها على حالتها المجمدة وبالنسبة للحوم فإن القطع الصغيرة قد تطبخ بدون صهر مع استخدام حرارة متوسطة لاطالة زمن الطبخ حتى تعطي الفرصة لاتمام عملية الانصهار ولكن في حالة القطع الكبيرة يجب صهرها قبل الطبخ ويتم ذلك في الثلاجات المنزلية لمدة 5 - 6 ساعات لكل رطل أو 2 - 3 ساعات لكل رطل في حالة إجراء عملية الانصهار على درجة حرارة الغرفة. وفي حالة الدواجن المجمدة يتم صهرها أيضاً قبل الطبخ ويستغرق ذلك حوالي 8 ساعات على درجة حرارة الغرفة ويجب استخراج الكبد والقوانص والقلوب إذا كانت مخزنة داخلها.

بالنسبة للفاكهة المخلاة يتم أيضاً صهرها قبل استهلاكها وتستغرق عملية الانصهار 4 - 6 ساعات على درجة حرارة الغرفة أو 8 - 10 ساعات في الثلاجة ويجب أن يتم اعدادها وهي لا تزال منخفضة في درجة حرارتها.

وفيما يختص بمنتجات الألبان فإن الكريمة والزبدة يجب صهرها على درجة حرارة الغرفة لمدة 1 - 2 ساعة وفي حالة البيض فإنه لا يجمد كاملاً وإنما يتم تجميد الصغار منفرداً عن البياض وبمجرد أن تتم عملية الانصهار يجب أن تتم عملية الخلط ثم الإعداد في الحال.

القيمة الغذائية للأغذية المجمدة:

الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة سواء أثناء التجميد أو التخزين التالي له يعتبر صغيراً جداً إذا ما قورن بالفقد الذي يحدث أثناء إعداد الغذاء قبل تجميده ولهذا يفضل إجراء الخطوات السابقة لعملية التجميد بسرعة كلما أمكن ذلك حتى يمكن تقليل فترة الإعداد وبالتالي الاقلال من الفقد الذي يحدث في العناصر الغذائية خاصة الفيتامينات. ولتوضيح ذلك فإن عملية السلق باستخدام الماء المغلي التي تجرى للخضروات وبعض الفواكه قبل إجراء التجميد لها بغرض القضاء على الانزيمات تسبب بعض الفقد في الفيتامينات الذائبة في الماء مثل حمض الاسكوربيك بصفة أساسية والثيامين إلى حد أقل وقد وجد أنه أثناء سلق البسلة يفقد حوالي 25٪ من حامض الاسكوربيك وحوالي 7٪ من الثيامين.

وتختلف كمية الفقد في حامض الاسكوربيك أثناء عملية السلق حسب نوع المنتج فبينما يفقد منه حوالي 5٪ في حالة الاسبرجس يصل الفقد إلى حوالي 33٪ في حالة السبانخ. ورغم هذا فإن عملية السلق تحافظ بعد ذلك على الكميات المتبقية من حامض الاسكوربيك أثناء تخزين الغذاء بعد تجميده حيث أنها تقضي على نشاط الانزيمات المؤكسدة له Ascorbic acid oxidase وهذا يقلل من الفقد أثناء التخزين بالإضافة إلى أن عملية السلق تقلل من زمن الطبخ كما سبق ذكره مما يؤدي أيضاً إلى تقليل الفقد في حامض الاسكوربيك أثناء عملية الطبخ.

وبرغم الانخفاض الكبير في درجة حرارة التخزين بالنسبة للأغذية المجمدة والتي تصل إلى -18°C في المجمدات المنزلية و -29°C في المجمدات التجارية فإنه يحدث فقد بمعدل بطيء جدا وتدرجي في صفات الجودة وكذلك القيمة الغذائية فمثلا في البسلة المخزونة لمدة 3 شهور على -18°C حدث فقد في حامض الاسكوربيك مقداره حوالي 4% فقط ويزداد الفقد عن ذلك بارتفاع درجة حرارة التخزين.

وأثناء عملية الانصهار تتعرض القيمة الغذائية لبعض الفقد حيث يفقد منها جزء من السائل الموجود داخل الخلايا ويسمى هذا الجزء المنفصل بال Drip وتعتمد كمية السائل المنفصل على معدل التجميد وفترة التخزين ودرجة حرارة التخزين وطبيعة الخلايا المكونة للغذاء. فالخلايا النباتية تفقد كمية أكبر من السائل الخلوي عنه في حالة الخلايا الحيوانية نظراً لاحتواء الأولى على فجوات أكثر اتساعاً تحتوى على كمية أكبر من الماء الحر وكلما كان معدل التجميد بطيئاً كلما أدى ذلك إلى زيادة كمية السائل المنفصل ولهذا نجد أنه من الأفضل عدم صهر الأغذية التي سوف تؤكل مطبوخة وإجراء عملية الطبخ من الحالة المجمدة خاصة في حالة الخضروات، بالنسبة للحوم يحدث أيضاً فقد محسوس في المواد الغذائية الذائبة في السائل الخلوي مثل بعض البروتينات ومجموعة فيتامين (ب) ويمكن التغلب على هذا الفقد عن طريق إضافة هذا السائل المنفصل إلى المرق كما يمكن أيضاً تقليل الفقد باطالة فترة الانصهار نسبياً حيث تتاح الفرصة للانسجة لاستعادة أكبر كمية ممكنة من السائل المنفصل وأن كان هذا الأمر تحده بعض المخاطر الأخرى مثل إتاحة الفرصة للنشاط الميكروبي وحدوث بعض التغيرات غير المرغوبة.

عموماً يمكن القول أن الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة والمخزونة بطريقة مناسبة يعتبر قليل جداً وقد تتفوق القيمة الغذائية للأغذية المجمدة على مثيلتها للأغذية الطازجة المماثلة والتي قد تتعرض للتدهور نتيجة التغيرات التي قد تحدث لها في الفترة ما بين الحصاد والاستهلاك فالبسلة الخضراء الطازجة يمكن أن تفقد 50% من محتواها من فيتامين (ج) خلال يومين على -20°C م بينما تحتاج إلى سنة على -18°C م لكي يحدث نفس الفقد.

التغيرات الطبيعية والكيميائية التي تحدث في الأغذية المجمدة:

تتعرض الأغذية المجمدة لبعض التلف في القوام والأنسجة خاصة اللحوم والأسماك وتتأثر

مقدرتها على الاحتفاظ بكمية السوائل الموجودة داخل الخلايا عند الانصهار فيفقد جزء منها مما يؤدي إلى أن يصبح الغذاء جافاً وخشناً بعض الشيء عند استهلاكه. وفي حالة الفاكهة والخضروات فإن قوامها يصبح لين وعجيني وتفقد صلابتها الطبيعية ويرجع هذا إلى أن التجميد يكسر المادة الغروية التي تربط الخلايا مع بعضها.

كذلك تتعرض بعض الأغذية إلى ما يعرف بحروق التجميد Freezing burns فأنثناء تخزين الأغذية المجمدة يتبخر جزء من محتواها المائي إلى الفراغ الموجود في العبوة ويتحول هذا الماء المتبخر إلى بللورات ثلجية تغطي سطح الغذاء ويصبح مظهره غير مقبول ولا يقتصر الأمر على هذا وإنما تتعرض المناطق التي تبخر منها الماء إلى بعض التفاعلات التي تؤثر على اللون وتبدو كبقع ملونة وتعرف هذه البقع بحروق التجميد فمثلاً في حالة الدجاج والبط تظهر بقع خضراء اللون أو بنية وتشبه النمو الفطري وعموماً فإن تقليل الفراغ الهوائي في العبوة يعتبر أفضل طريقة لمنع التراكبات الثلجية والتغيرات الناشئة عنها ويمكن أن يتم هذا بإحكام عملية التغليف أو التعبئة تحت تفريغ لجعل الغلاف شديد الالتصاق بسطح الغذاء.

وعادة في حالة التجميد المنزلي لا يوجد الاهتمام الكافي بعملية تغليف الغذاء قبل تجميده ولهذا فإن الأغذية المجمدة منزلياً تتعرض لحدوث التراكبات الثلجية وحروق التجميد خاصة وأن درجة الحرارة تتعرض كثيراً للتذبذبات في المجمدات المنزلية وعند ارتفاع درجة الحرارة يتبخر الماء إلى الفراغ الهوائي حول الغذاء وعند انخفاضها يتحول هذا الماء إلى بللورات ثلجية وعندما تحدث هذه العملية مراراً وتكراراً يتعرض سطح الغذاء للجفاف والتغيرات غير المرغوبة في اللون.

وبالنسبة للتغيرات الكيميائية فإن بعض التفاعلات التي تسبب بعض الفقد في عناصر الجودة يمكنها أن تحدث أيضاً في الأغذية المجمدة ويعتبر التزنخ Rancidity أحد هذه التفاعلات خاصة في اللحوم والأسماك المحتوية على نسبة عالية من الدهون التي تتعرض للتكسير والتحلل في وجود الأكسجين مما يؤدي إلى ظهور رائحة التزنخ. وكلما كانت درجة حرارة التخزين منخفضة كلما كان معدل التفاعل بطيئاً وبالتالي يمكن زيادة فترة الصلاحية إلى عدة شهور بالنسبة للأغذية المرتفعة في نسبة الدهون وكذلك التعبئة تحت تفريغ تساعد أيضاً في إبطاء هذه التفاعلات إلى أقصى درجة ممكنة.

ومن التفاعلات الكيميائية الأخرى التي تؤثر علي جودة الأغذية المجمدة خاصة في بعض الفواكه والخضروات اللون البني الذي ينتج عن نشاط بعض الأنزيمات التي تساعد في حدوث التفاعلات بين بعض مكونات الغذاء والاكسجين كما يحدث في الخوخ المجمد مثلا وكذلك التفاح وهذا اللون البني غير مقبول بالنسبة للمستهلك كما أنه يؤدي إلى ظهور طعم مر ويمكن منع اللون البني في الفاكهة عن طريق تعبئتها في محلول سكري قبل التجميد مما يساعد في حمايتها من الاكسجين كما يمكن إجراء عملية الكبرته لوقف نشاط هذه الانزيمات ولكنها تسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفواكه كما أن هذه العملية يصعب إجرائها في المنازل لصعوبة التحكم في المستوى المطلوب من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الغذاء حيث أن الزيادة منه لها تأثير سام.

وعموما يمكن منع أو ابطاء هذه التغيرات سواء كانت طبيعية أو كيميائية باتباع مايلي:

- 1) سرعة إعداد وتجهيز الأغذية لعملية التجميد مع اختيار أنسب المعاملات لكل نوع.
- 2) الاهتمام بعملية التعبئة حيث يجب أن تكون العبوة المستخدمة محكمة القفل ويفضل أن تكون من النوع الذي يصلح لاحتداث التفريغ الهوائي بداخله أو استبدال الهواء بأحد الغازات الخاملة مثل النتروجين حتى يمكن منع ملامسة الهواء للغذاء. كذلك يجب أن تكون صلبة وقوية لكي تتحمل أطول مدة ممكنة وغير منفذة للرطوبة.
- 3) إجراء عملية التجميد بأفضل الطرق الممكنة والتي تؤدي إلى حدوث التجميد بمعدل سريع.
- 4) ضرورة التحكم جيدا في درجة حرارة التخزين التي يجب أن تكون منخفضة بقدر الإمكان ومنع حدوث تذبذبات بها.
- 5) إجراء عملية الانصهار إذا اقتضى الأمر ذلك بمعدل سريع بقدر الإمكان وبالطريقة التي تناسب كل منتج.

الخضر المجمدة:

تمثل الخضر خاصة تلك التي تؤكل مطبوخة قطاعا كبيرا من الأغذية المجمدة وتحدد المواصفات القياسية المصرية بعض الاشتراطات العامة التي يجب توافرها في المنتج المجمد

النهائي وهذه الاشتراطات هي:

- (1) أن يكون المنتج سليماً خالياً من الطعم والرائحة الغريبين.
 - (2) أن يكون المنتج النهائي خالياً من الاصابات الفطرية أو الحشرية أو آثارها ومن الشوائب والمواد الغريبة.
 - (3) أن يعطي المنتج النهائي نتيجة سلبية لاختبار انزيمي الكتاليز والبيروكسيديز.
 - (4) أن يكون المنتج النهائي خالياً من المواد الحافظة والمواد الملونة المصنعة.
 - (5) لا تزيد نسبة الزرنيخ على واحد في المليون وبالنسبة لعصير الطماطم 0.1 جزء في المليون.
 - (6) لا تزيد نسبة الرصاص على 20 جزء في المليون وبالنسبة لعصير الطماطم 2 جزء في المليون.
 - (7) لا يزيد العدد الكلي للبكتريا على 100.000 في الجرام الواحد من المنتج النهائي.
 - (8) لا يزيد محتوى الجرام من المنتج النهائي على 10 خلية من بكتريا القولون بشرط خلوها من بكتريا القولون النموذجي.
 - (9) أن يكون المنتج النهائي خالياً تماماً من الأحياء الدقيقة الممرضة.
 - (10) أن يخزن المنتج على درجة حرارة من -15°C إلى -20°C م بشرط ألا تزيد درجة الحرارة أثناء النقل على -10°C م للمحافظة على المنتج النهائي في حالة مجمدة لحين وصوله للمستهلك ويجب ألا يعاد تجميده.
- وفيما يلي نذكر أمثلة لبعض الخضار المجمدة الشائعة:

أ- الخرشوف المجمد:

ويعرف حسب المواصفات القياسية المصرية بأنه ناتج حفظ نورات الخرشوف الطازجة اللينة غير المتليفة بعد تجهيزها وغسلها ثم معاملتها بالسلق أى معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لا يقاوم عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

هذا ويجب أن تكون نورات الخرشوف طازجة منظفة كلياً أو جزئياً مع احتفاظ كل منها بالتخت بعد نزع جميع الزوائد الخارجية الخشنة وأن يكون الخرشوف خالياً من أية تغيرات لونية نتيجة عمل الانزيمات المؤكسدة ومحتفظاً بلونه الفاتح المميز كما يجب أن تكون وحدات الثمار الموجودة في العبوة الواحدة كاملة متجانسة الحجم واللون والقوام.

وبالنسبة لعملية التدرج فإن الخرشوف يدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

- (1) كبير وهو ما يكون قطر التخت فيه 6 سم فأكثر .
 - (2) متوسط وهو ما يكون قطر التخت فيه من 4 - 6 سم.
 - (3) صغير وهو ما يكون قطر التخت فيه أقل من 4 سم.
- وفي حالة احتواء التخت على قواعد الأوراق فيجب ألا يزيد طولها على 5 سم.

ب- السبانخ الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ أوراق السبانخ الخضراء بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن تكون السبانخ المستخدمة خضراء ذات أوراق سليمة وخالية من النباتات الغريبة والأوراق الصفراء وأن يكون المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس ولا تزيد نسبة الرطوبة على 94٪ ولا تزيد نسبة الرماد على 1٪ .

ج- الملوخية الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ أوراق الملوخية الخضراء بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن تكون الملوخية المستخدمة ذات أوراق سليمة وخالية من الأوراق الصفراء وأن يكون المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس ولا تزيد نسبة الرطوبة على 89٪ ولا تزيد نسبة الرماد على 1.5٪ .

د - الباميا الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ ثمار الباميا الخضراء الطازجة في المرحلة الملائمة للحفظ من أي صنف من أصناف البامية وذلك بعد غسلها وتجهيزها بإزالة جزء من الكأس (العنق) ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن يتم اختيار الباميا الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج على أن تحتوي العبوة الواحدة على صنف واحد من الباميا. ويتم تنظيف الباميا الخضراء بقطع جزء من الكأس قطعاً غير كامل حتى تحتفظ الثمرة بشكلها وبحيث تكون محتويات العبوة خالية من البذور والمواد المخاطية.

وتختلف عملية التدرج الحجمي تبعاً لاختلاف صنف الباميا فمثلاً الباميا البلدي الخضراء تدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

- 1) لا يزيد طول الثمرة على 3.5 سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد عن 5. % .
 - 2) لا يزيد طول الثمرة على 4.5 سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على 5. % .
 - 3) لا يزيد طول الثمرة على 5 سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على 5. % .
- وفي حالة الباميا الرومي الخضراء يتم التدرج حجمياً إلى:

- 1) رفيع جداً لا يزيد طول الثمرة على 7 سم مع التجاوز بنسبة 5. % .
- 2) رفيع لا يزيد طول الثمرة على 10 سم مع التجاوز بنسبة 5. % .

هـ- البسلة الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ بذور البسلة الخضراء ذات الدرجات الوصفية والحجمية المبينة فيما بعد وذلك بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن يتم اختيار البسلة الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج وأن يكون المنتج النهائي خالياً من أجزاء الثمار والحبل السري ويتم تجهيز بذور البسلة بفصلها عن القرون وبحيث يكون المنتج النهائي خالياً من بقايا القرون أو أجزائها وأن يكون متجانساً في اللون ولا تزيد نسبة العيوب فيه (البقع - اللون البني - اللون المصفر) عن 5٪ بالوزن.

وبالنسبة للتدرج الحجمي للبسلة فإنها تدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

- (1) رفيع جداً بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 6.52 مم ± 3. وقطر السلك 2.27 مم والمقصود بعبارة مقاس الفتحة طول ضلع الفتحة المربعة أو قطر الفتحة المستديرة.
- (2) رفيع بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 7.93 مم ± 3. وقطر السلك 2.27 مم.
- (3) متوسط بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 9.52 مم ± 3. وقطر السلك 2.27 مم.

وفي حالة التدرج الوصفي تدرج البسلة الخضراء إلى الدرجات الوصفية التالية:

(1) الدرجة الممتازة: Fancy grade

وهي تتميز بالصفات المثلى من ناحية الطعم واللون الممتازين مع الخلو التام من العيوب كما تكون البذور غضة لينه يطفو 95٪ منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.035 (حوالي 5 درجات بومييه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 90 درجة طبقاً للجدول الموضح فيما بعد.

(2) الدرجة الجيدة: Choice grade

في هذه الدرجة تتميز الثمار بصفات مماثلة لصفات الدرجة الممتازة. إلا أنها تكون متقدمة عنها نوعاً ما في درجة النضج كما تكون متجانسة اللون وخالية من العيوب الظاهرة ويطفو 95٪ منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.05 (حوالي 7 درجات بومييه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 80 درجة طبقاً لجدول الدرجات الوصفية للبسلة.

3) الدرجة القياسية: Standard grade

وفيها تكون الثمار ذات صفات جيدة من ناحية الطعم والرائحة ويكون اللون متجانسا والبذور خالية من العيوب الظاهرة ويطفو 95% منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.05 (حوالي 7 درجات بوميه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 70 درجة طبقا للجدول التالي:

جدول (11): الدرجات الوصفية للبصلة الخضراء المجمدة:

الصفات	النهاية العظمي	الدرجات		
		الدرجة الممتازة	الدرجة الجيدة	الدرجة القياسية
تجانس اللون	20	20 – 18	17 – 16	15 – 14
اختفاء العيوب	40	40 – 36	35 – 32	31 – 28
النضج	40	40 – 36	35 – 32	31 – 28
المجموع	100	90 فأكثر	80 فأكثر	70 فأكثر

وبالنسبة للعبوات المستخدمة في تعبئة الخضر المجمدة عموما تنص المواصفات القياسية المصرية على أن العبوات يجب أن تكون مانعة لنفاذ الرطوبة وبخار الماء لمنع وصول أي رائحة أو طعم غريب إلى المنتج ويجب أن تقفل جيدا بحيث تحافظ على محتوياتها كما يجب أن تكون العبوة سليمة ويجوز تعبئتها في عبوات أكبر من الكرتون ويجب أن تكون العبوات مطابقة لمواصفاتها القياسية ويجب أن يبين عليها البيانات التالية:

«نوع المنتج واسم المنتج وعنوانه وعلامته التجارية والدرجة الحجمية أو الوصفية والوزن الصافي للعبوة وعبارة «إنتاج ج. م. ع.» وكذلك عدد وحدات العبوات الصغيرة في حالة تعبئتها في عبوات أكبر وفي هذه الحالة يوضح كذلك على العبوات الخارجية البيانات السابقة كما يجب أن يوضح تاريخ الإنتاج أو رقم رمزي يدل عليه.

المراجع

- Cleaned, A. C. (1990). Food Refrigeration Processes. Analysis, Design and simulation. Elsevier science Publishers Ltd., Barking, UK.
- Dennis, C. and Stringer, M. (Editors) (1992). Chilled Foods: A Comprehensive Guide. Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- Egyptian Organisation for Standardization Arab Republic of Egypt. Cairo.
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice. sec. ed., woodhead Publishing Limited and CRC Press LL C. Cambridge. England.
- Fennema, O. (1982). Effect of Processing on Nutritive Value of Food: Freezing. In Hand book of Nutritive Value of Processed Food, M. Recheigl, Jr. (Editor). CRC Press, Boca Raton, FL, PP. 31 - 43 .
- Femnema, O. (1993). Frozen Foods. Challenges for the Future. Food Australia 45 (8) 374 - 380.
- Georgo, R. M. Freezing Processes used in the Food Industry. Trends Food Scci. Tecchnol. 4 (5) 143-138.
- Hallwell, E. R. (1980). Cold and Freezer Storage Manual. 2nd ed. AVI Publishing Co., Westport, C T.
- Heldman, D. R. (1982). Food Properties during Freezing. Food Technol. 36 (2): 92-69.
- Heldman, D. R. (1983). Factors Influencing Food Freezing Rates. Food Technol. 37 (4): 103 - 109 .

- Mallett, C.P. (Editor). (1993). Frozen Food Technology. Chapman & Hall, London, New York.
- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science. 5 th ed. Chapman & Hall, New York.
- Rose, D. (2000). Total Quality Managment. In: M. Stringer and C. Dennis (eds) Chilled Foods, 2nd edn. Ellis Horwood, Chichester, ch. 14.



الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالتجفيف

الدكتور محمود علي بخيت

حفظ الأغذية بالتجفيف

مقدمة:

الهدف الرئيسي من عملية التجفيف هو حفظ الغذاء لفترات طويلة حيث أنه من المعروف أن الأنشطة الميكروبية وكذلك التفاعلات الإنزيمية والميكروبية تحدث فقط عند توافر كمية كافية من الماء وبالتالي فإن خفض المحتوى المائي للأغذية إلى حدود معينة كما سبق أن عرفنا يؤدي إلى منع أو إبطاء هذه الأنشطة والتفاعلات المسببة لفساد الغذاء وفقد عناصر الجودة به وكذلك التأثير على قيمته الغذائية.

وبجانب تحقيق هذا الهدف فإن حفظ الغذاء بالتجفيف يحقق مزايا أخرى أهمها تقليل الوزن والحجم نتيجة التخلص من أغلب الماء الموجود بالغذاء وهذا بدوره يؤدي إلى خفض تكاليف التعبئة والنقل والتخزين وتبرز أهمية ذلك بصفة خاصة أثناء الحروب أو المجاعات أو حدوث كوارث بيئية مثل الزلازل والأعاصير.

كذلك تمتاز الأغذية المجففة بسهولة تخزينها حيث لا يتطلب الأمر أكثر من مكان نظيف وجاف وخالي من الحشرات والقوارض بينما تحتاج الأغذية المحفوظة بالتجميد مثلاً إلى تخزينها في المجمدات والمحافظة عليها في صورتها المجمدة حتى يتم استهلاكها مع ضرورة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية في جو التخزين طوال فترة تخزينها وإلا تتعرض للتلف أو الفساد إذا ارتفعت درجة الحرارة وأدى ذلك إلى انصهارها.

بالإضافة إلى ما سبق فإن عملية التجفيف تمتاز بانخفاض التكاليف المطلوبة لإجرائها بالمقارنة بطرق الحفظ الأخرى مثل التعليب أو التجميد خاصة في حالة التجفيف الشمسي كما أنها لا تتطلب استخدام خامات أخرى مثل السكر أو الملح أو عبوات ذات طبيعة خاصة كما في حالة الأغذية المعلبة.

هذا وأحياناً تجرى عملية التجفيف بهدف الحصول على منتجات جديدة أكثر ملائمة مثل إنتاج القهوة سريعة الذوبان وكذلك بيورية البطاطس سريعة التحضير حيث يتم في مثل

هذه الحالات إجراء عمليات الإعداد والطبخ والتخمير قبل التجفيف وعند الاستهلاك لا يحتاج الأمر أكثر من إضافة الماء مع المزج الجيد أو التقليب.

على الرغم من المزايا السابق ذكرها فإن حفظ الأغذية بالتجفيف له بعض العيوب أهمها:

(1) نظراً لاستخدام الحرارة في عملية التجفيف فإن بعض العناصر الغذائية تتعرض للفقد والتدهور حيث يحدث فقد في بعض الفيتامينات مثل فيتامين ج وفيتامين أ والثيامين وكذلك فقد في بعض مكونات الطعم والرائحة كما تحدث بعض التغيرات في القوام وقد يتأثر لون بعض المواد الغذائية نتيجة التجفيف خاصة تلك الغنية بالبروتين والمواد السكرية حيث يحدث التلون البني لهذه المنتجات نتيجة لتفاعل الأحماض الأمينية والسكريات المختزلة. وبالإضافة إلى هذا فإن الخطوات التصنيعية السابقة لعملية التجفيف نفسها تؤدي أيضاً إلى حدوث بعض الفقد في العناصر الغذائية وبالتالي تتأثر صفات الجودة بصفة عامة ويعتمد هذا أيضاً على طريقة التجفيف المستخدمة.

(2) انخفاض فترة الصلاحية Shelf life للأغذية المجففة مقارنة بطرق الحفظ الأخرى نظراً لاستمرار حدوث بعض التفاعلات الكيميائية أثناء التخزين وبالتالي استمرار الانخفاض في صفات وخصائص الجودة تدريجياً.

(3) تحتاج معظم المواد الغذائية إلى إعادة ترطيبها قبل الاستهلاك ويحتاج هذا إلى وقت طويل نسبياً حتى تصبح أقرب ما يمكن للصورة الطازجة.

(4) نظراً إلى أن درجة الحرارة التي تستخدم عادة في تجفيف الأغذية ليست عالية بالدرجة الكافية بحيث يمكن القضاء على كل الأحياء الدقيقة الموجودة ونظراً إلى أن عملية ترطيب الأغذية المجففة تستغرق وقتاً طويلاً نسبياً فإن الفرصة تصبح متاحة لنمو الأحياء الدقيقة مرة أخرى ومما يزيد من خطورة هذا الأمر أن بعض الأحياء الدقيقة المرضية مثل *Staphylococcus aureus* لا تتأثر بعملية التجفيف ويمكنها أن تسبب حدوث التسمم الغذائي من استهلاك الأغذية المجففة.

وهكذا نرى أن المعادلة الصعبة في عملية التجفيف تتمثل في أن يتحتم الوصول إلى مستوى رطوبة منخفض للحصول على درجة ثبات عالية أثناء التخزين مع أقل تغيرات في

خواص الغذاء بقدر الإمكان وقد يتطلب تحقيق ذلك زيادة التكلفة كما سنرى في بعض طرق التجفيف وعموماً فإن جودة المنتج والتكلفة الاقتصادية وجهان لعملة واحدة خاصة مع الأغذية الحساسة للمعاملات الحرارية.

خطوات صناعة التجفيف:

تبدأ خطوات عملية التجفيف بجمع المحصول عند درجة النضج المناسبة والاستلام والوزن ثم إجراء عمليات الفرز الأولى والغسيل بالطريقة المناسبة لنوع الثمار ثم الفرز الثانوي - بعد ذلك يتم إعداد وتجهيز الثمار في الصورة الملائمة لعملية التجفيف وقد تحتاج بعض الثمار مثل العنب والبرقوق إلى معاملة خاصة لإزالة الطبقة الشمعية التي تغطيها حيث أن تلك الطبقة تعوق خروج الماء من الثمار أثناء عملية التجفيف. ويتم ذلك بغمر الثمار في محلول قلوي ساخن من الصودا الكاوية تركيزه حوالي 0.5% أو أقل لمدة تختلف حسب نوع الثمار ودرجة حرارة المحلول وتختلف هذه المعاملة عن تلك السابق الإشارة إليها في طريقة التقشير بالقلوي. وأخيراً تجرى عملية الكبرة أو السلق أو كلاهما إذا اقتضى الأمر ذلك وهنا تصبح المادة الخام مجهزة لإجراء عملية التجفيف نفسها باستخدام الطريقة المناسبة.

وقبل أن نتعرض للطرق المختلفة المستخدمة في عملية التجفيف لابد من معرفة الأسس العلمية التي تقوم عليها عملية التجفيف وإزالة الماء من الأغذية والعوامل المختلفة التي تتحكم في هذه العملية.

1- انتقال الحرارة والكتلة:

أيا كانت طريقة التجفيف المستخدمة فإن التجفيف يتم من خلال عمليتين متلازميتين تحدثان في نفس الوقت وهما اكتساب الغذاء للحرارة وفقد الغذاء للرطوبة وقد تكون الظروف المستخدمة في عملية التجفيف مناسبة أكثر لإحدى هاتين العمليتين عن الأخرى فمثلاً إذا تم وضع الغذاء بين لوحين ساخنين فإن هذا سوف يحقق اتصال جيد للغذاء مع الحرارة من أعلى ومن أسفل وهذا قطعاً سوف يسرع من انتقال الحرارة داخل الغذاء ولكنه في الوقت نفسه سوف يقلل من كفاءة خروج الماء من الغذاء المراد تجفيفه.

وهكذا يصبح من الأفضل الأكتفاء بسطح ساخن أسفل الغذاء وترك السطح العلوى للغذاء حراً للسماح بخروج الماء بالمعدل المناسب.

2- مساحة السطح:

كلما كان الغذاء المراد تجفيفه مجهزاً في صورة قطع صغيرة أو طبقات رقيقة فإن هذا سوف يؤدي إلى زيادة معدل انتقال الحرارة والكتلة وذلك نظراً لأن زيادة مساحة السطح المعرض تحقق إتصال أفضل مع وسط التسخين وكذلك مساحة أكبر يتم خروج الماء منها كما أن الأجزاء الصغيرة أو الطبقات الرقيقة تساعد على تقليل المسافة التي تقطعها الحرارة للوصول إلى المركز وكذلك بالنسبة لخروج الماء.

3- درجة الحرارة:

كلما زاد الفرق في درجة الحرارة بين الغذاء ووسط التسخين كلما ساعد ذلك على زيادة معدل انتقال الحرارة داخل الغذاء وهذا يعطي دفعة قوية لخروج الماء وإذا كان وسط التسخين عبارة عن الهواء فإن ارتفاع درجة حرارة الهواء يؤدي إلى زيادة كمية الرطوبة التي يمكن أن يحملها قبل الوصول إلى درجة التشبع.

4- حركة الهواء:

بالإضافة إلى سخونة الهواء التي تزيد من كفاءته في حمل الرطوبة فإن الهواء المتحرك ذو السرعة العالية سوف يذهب بالرطوبة بعيداً عن الغذاء وبالتالي لا يتكون جو مشبع ببخار الماء حول الغذاء الأمر الذي لو حدث سوف يؤدي إلى تقليل معدل خروج الماء من الغذاء.

5- رطوبة الهواء:

عندما يكون الهواء هو وسط التجفيف فإن معدل التجفيف سوف يتأثر بمقدار الرطوبة الموجودة أصلاً في الهواء حيث أن الهواء الرطب سوف يتشبع بسرعة وبالتالي يحمل كمية أقل من الرطوبة بالمقارنة بالهواء الجاف بالإضافة إلى ذلك فإن درجة جفاف الهواء تؤثر أيضاً على مستوى الرطوبة الممكن الوصول إليه عند تجفيف الغذاء حيث أن الغذاء المجفف يصبح محبباً للرطوبة وكل غذاء له درجة رطوبة نسبية متوازنة خاصة به عند درجة حرارة معينة

وعندما يصل إليها لا يفقد أو يمتص رطوبة إلى أو من الجو المحيط وقبل الوصول إليها يستمر الغذاء في فقد الرطوبة والجفاف بالتالي بينما زيادة الرطوبة في الجو المحيط عن الرطوبة النسبية المتوازنة للغذاء يؤدي إلى اكتسابه للرطوبة. ومعرفة هذا الأمر ضرورية جداً للتحكم في درجة الرطوبة النهائية للمنتج المجفف ويمكن تحديد الرطوبة النسبية المتوازنة لكل غذاء على درجات الحرارة المختلفة عن طريق تعريض الغذاء المجفف إلى مستويات مختلفة من الرطوبة الجوية في إناء محكم ثم وزنه بعد عدة ساعات حتى يصل إلى مستوى الرطوبة الذي عنده لا يفقد الغذاء أو يكتسب أي رطوبة إلى أو من الجو المحيط. فمثلاً نجد أن البطاطس عند تجفيفها بالهواء على درجة حرارة 100°C م ورطوبة الهواء النسبية 40٪ فإن المنتج النهائي سوف تكون رطوبته حوالي 4٪ فإذا أردنا خفض هذه الرطوبة إلى 2٪ فقط يستلزم ذلك استخدام هواء ساخن درجة حرارته 100°C م ورطوبته النسبية 15٪ وهكذا يمكن من خلال التجارب عمل المنحنيات التي تحدد ظروف التجفيف لكل غذاء من حيث درجة الحرارة المستخدمة وكذلك الرطوبة النسبية للجو المحيط للوصول إلى المحتوى الرطوبي المطلوب للمنتج النهائي. وجدير بالذكر أن أهمية الرطوبة النسبية للغذاء لا تقف عند حدود عملية التجفيف ولكنها تؤثر أيضاً على المنتج المجفف أثناء التخزين فمثلاً إذا كان الغذاء معبأ في عبوات ليست مانعة لنفاذ الرطوبة وتم التخزين في جو رطوبته أعلى من الرطوبة النسبية المتوازنة للغذاء فإن هذا سوف يؤدي إلى اكتساب الغذاء للرطوبة من الجو المحيط وبالتالي تعرضه للتلف أو الفساد.

6- الضغط الجوي والتفريغ:

من المعروف أن الماء يغلي على درجة 100°C م عندما يكون الضغط الجوي مساوياً 760 ملليمتر زئبق ويمكن خفض درجة الغليان عن طريق خفض الضغط الجوي وهو ما يسمى بالتفريغ وهكذا فإن إجراء عملية التجفيف تحت تفريغ سوف يؤدي إلى فقد الرطوبة على درجات حرارة أقل وعند تثبيت درجة الحرارة فإن خفض الضغط سوف يؤدي إلى زيادة معدل الغليان وذلك بالمقارنة بالضغط الجوي العادي. وكما هو معروف فإن درجة حرارة التجفيف المنخفضة وكذلك زمن التجفيف القصير ضروريان للمحافظة على جودة الغذاء خاصة في حالة الأغذية الحساسة للحرارة.

7- الزمن ودرجة الحرارة:

حيث أن معظم طرق التجفيف تعتمد على استخدام الحرارة كما أن مكونات الأغذية حساسة للحرارة فإنه لا بد من وجود توافق بين أعلى معدل تجفيف ممكن والجودة وعموماً فإن التجفيف على درجات حرارة عالية وزمن قصير ينتج عنه تغيرات أقل في الغذاء بالمقارنة بالتجفيف على درجات حرارة منخفضة لزمن أطول فمثلاً قطع الخضروات المجففة بالفرن لمدة 4 ساعات كانت جودتها أفضل بالمقارنة بتلك المجففة شمسياً لمدة يومين.

8- التبخير ودرجة حرارة الغذاء:

عندما يتبخر الماء من سطح الغذاء فإن درجة حرارة السطح تنخفض وذلك لأن الماء يمتص الحرارة الكامنة اللازمة لتحويله من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية من وسط التسخين وكذلك من الغذاء الساخن وهكذا تنخفض درجة حرارتها وهكذا نجد أنه في التجفيف باستخدام الرذاذ فإن درجة حرارة الهواء المستخدم في التسخين والداخل إلى المجفف تكون حوالي 200° م بينما الهواء الخارج تكون درجة حرارته حوالي 120° م ولا تتعدى درجة حرارة حبيبات الغذاء أثناء التجفيف 70° م ومع انخفاض المحتوى الرطوبي لحبيبات الغذاء وانخفاض معدل التبخير ترتفع درجة حرارة الحبيبات وهكذا حتى تصل درجة حرارتها إلى نفس درجة حرارة الهواء الخارج والإثنان تقترب درجة حرارتهما في النهاية من درجة حرارة الهواء الداخل، ولأن معظم الأغذية حساسة للحرارة فلا بد من إخراجها من المجفف وإيقاف عملية التجفيف قبل أن تصل إلى هذه المرحلة. وجدير بالذكر أن الغذاء لا يصبح معقماً في نهاية عملية التجفيف بالرغم من أن أعداداً كبيرة من الميكروبات تموت بتأثير الحرارة المستخدمة لأن أعداداً كبيرة من جراثيم البكتيريا تظل موجودة ويزداد عددها أكثر في حالة التجفيف على درجات حرارة منخفضة بالنسبة للأغذية الحساسة للحرارة فمثلاً في التجفيد حيث يحدث تبخير الماء من الغذاء من الحالة المجمدة وتحت تفريغ عن طريق ظاهرة التسامي نجد أن أعداد الأحياء الدقيقة التي تموت يكون قليلاً ولهذا يستخدم التجفيد كثيراً كطريقة مناسبة للمحافظة على حيوية المزارع البكتيرية.

وهكذا يتضح مما سبق أن عملية انتقال الحرارة والكتلة أثناء عملية التجفيف تتأثر كثيراً بخصائص وسط التسخين المستخدم مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء وكذلك تتأثر

بمساحة السطح المعرض من الغذاء وكل هذا يمكن التحكم فيه بسهولة وذلك من خلال التصميم المناسب للمجفف ولكن على العكس من ذلك فإن خصائص الغذاء أيضاً لها تأثير كبير على عملية التجفيف خاصة وأن هذه الخصائص تتعرض لحدوث تغيرات جوهرية أثناء التجفيف تؤثر على معدل التجفيف وكذلك على جودة المنتج النهائي وهذا ما سوف نتعرض له فيما يلي :

تأثير خصائص الغذاء على عملية التجفيف:

1 - التجانس:

قليل من الأغذية تقترب من التجانس على مستوى الجزيئات وهذا بالقطع يؤدي إلى اختلاف معدل التجفيف بالنسبة لكل مكون من مكونات الغذاء. فاللحوم مثلاً تحتوي على أجزاء دهنية وأجزاء خالية من الدهن وكلها ممتزجة ومتداخلة ووجود الدهن في طبقات اللحم يسرع من معدل التجفيف. وقد يحدث في بعض الأغذية الغنية بالزيت تكون مستحلب بين الزيت والماء حيث يغطي الزيت قطرات الماء وهكذا يصبح معدل التجفيف بطيئاً.

2 - تركيز المحلول:

وجود مواد ذائبة في المحلول ترفع درجة الغليان وبالتالي يقل معدل التجفيف ومع تقدم العملية يزداد تركيز هذه المواد الأمر الذي يؤدي إلى زيادة بطء عملية التجفيف.

3 - الماء المرتبط:

الماء الموجود في الغذاء على صورة حرة غير مرتبطة يخرج بسهولة من سطح الغذاء أثناء عملية التجفيف حيث يكون ضغطه البخاري أكبر من الضغط البخاري للجو المحيط به ومع استمرار العملية يقل الماء الحر ويقل بالتالي الضغط البخاري لوحدة السطح من الغذاء. بالنسبة للماء المرتبط بقوة الادمصاص مع المواد الصلبة في الغذاء مثل النشا والبكتين والصمغ فإنه يصعب إزالته وبالمثل الماء المرتبط كيميائياً في صورة ماء الهدرته.

4- التركيب الخلوي:

تتميز الأغذية بوجود تركيب خلوي في الأنسجة ويوجد الماء حول وداخل الخلايا

وعندما تكون الأنسجة حية فإن جدار الخلية وكذلك الغشاء الخلوي يحجز الماء داخل الخلايا وعندما تموت الخلايا فإنها تفقد القدرة على الاحتفاظ بالماء ولهذا نجد أن الأغذية التي تتعرض لمعاملات حرارية مثل السلق أو الطبخ يمكن تجفيفها بسهولة، وبسرعة بالمقارنة بمشيلتها الطازجة بالإضافة إلى أن هذه المعاملات الحرارية تقلل من حدوث الخشونة أو الانكماش الزائد في الأغذية المجففة.

مما سبق يتضح لنا أنه من الصعب وجود نظام مثالي للتجفيف يصلح لجميع أنواع الأغذية وذلك بسبب اختلاف الأغذية في تركيبها الكيميائي وكمية الماء الحر والمربط ومقدار الانكماش وتحرك المواد الذائبة وكذلك مدى التغيرات الممكن حدوثها في كل نوع من الأغذية أثناء التجفيف ولهذا كله فإن اختيار وتصميم نظام مثالي لتجفيف منتج معين يتطلب عمل تجارب واختبارات للوصول إلى التصميم المناسب الذي يحقق الوصول إلى أعلى معدل تجفيف مع أقل تغيرات في خصائص المنتج في ظل أفضل ظروف اقتصادية من حيث التكلفة من خلال حدوث توازن بين العوامل المختلفة وظروف التجفيف المستخدمة.

وفيما يلي نذكر بشيء من التفصيل أمثلة لطرق التجفيف المستخدمة والمعدات اللازمة.

1 - التجفيف الشمسي:

يعتبر التجفيف الشمسي من أقدم طرق حفظ الأغذية بصفة عامة حيث بدأ استخدامه منذ حوالي 2000 سنة قبل الميلاد ولا يزال يستخدم حتى وقتنا هذا في تجفيف بعض الفواكه مثل العنب والبرقوق نظراً لرخص العملية وبساطتها حيث لا يتطلب الأمر أكثر من وضع الثمار المجهزة على صواني وتركها لتجف بحرارة الشمس. ولكن هناك عدة عوامل تحد من استخدام التجفيف الشمسي حيث أن الظروف تكون متاحة لنمو الأحياء الدقيقة أثناء عملية التجفيف نظراً لطول المدة اللازمة خاصة وأن درجة حرارة الغذاء ليست عالية بالدرجة الكافية لمنع نموها وبالتالي تزداد احتمالات حدوث التلف أو الفساد أو التغيرات غير المرغوبة بالإضافة إلى أن عملية التجفيف تتم في العراء وفي أماكن مكشوفة مما يعرض الغذاء للأتربة والمهاجمة بالحشرات والطيور والقوارض كما أن الفرصة متاحة أيضاً لحدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على اللون والنكهة.

هذا وتحتاج عملية التجفيف الشمسي إلى مساحة كبيرة تصل إلى حوالي فدان للمحصول الناتج من كل 20 فدان ولا تصلح إلا في الأماكن التي يتوافر فيها الطقس الهادئ المستقر الخالي من احتمالات سقوط الأمطار.

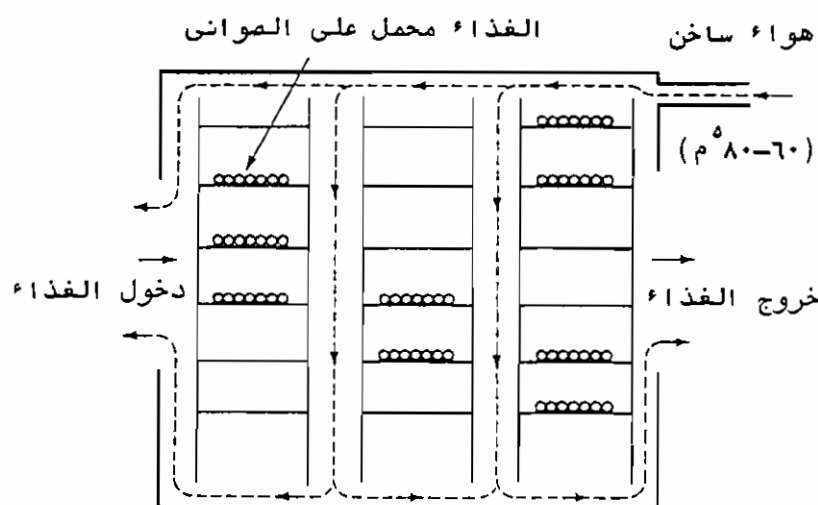
ومن ناحية القيمة الغذائية فإن التجفيف الشمسي ينتج عنه أكبر نسبة فقد في الفيتامينات بالمقارنة بطرق التجفيف الأخرى فمثلاً يفقد الخوخ حوالي 50% من فيتامين (ج) أثناء التجفيف الشمسي ونظراً لهذا الفقد العالي في العناصر الغذائية وكذلك الخطورة الناتجة من التلوث الميكروبي فإنه لا ينصح باستخدام التجفيف الشمسي المنزلي إلا في حالات خاصة مثل تجفيف التوابل والبصل والثوم حيث تكون المشاكل قليلة في هذه الحالات أما خلاف ذلك فلا بد من توافر الخبرة الكافية لربات البيوت في هذا المجال.

2 - التجفيف بالإنفاق:

هذه الطريقة مثلها مثل الطرق الصناعية الأخرى تتلافى عيوب التجفيف الطبيعي باستخدام حرارة الشمس حيث يتم استبدالها بالهواء الساخن الجاف المندفع بسرعة كبيرة حول الغذاء المحمل على ألواح أو صواني تحملها عربات خاصة أو على سير يتحرك داخل النفق وهكذا يمكن منع الفقد والتلوث الناتج من مهاجمة الطيور والحشرات والقوارض أو سقوط الأمطار. ويتم التحكم في درجة حرارة الهواء وسرعته وكذلك رطوبته النسبية حسب متطلبات التجفيف الخاصة بكل منتج ويتم التحكم في سرعة مرور العربات داخل النفق أو حركة السير حسب زمن التجفيف المطلوب والذي يستغرق حوالي 6 - 18 ساعة حسب نوع المنتج وهذا الزمن يعادل عدة أيام في حالة التجفيف الشمسي. هذا وفي معظم مجففات الانفاق يتم دخول الهواء الساخن في اتجاه معاكس لاتجاه دخول الغذاء وفي هذه الحالة فإن الهواء الأكثر سخونة وجفافاً يقابل الغذاء الذي اقترب من الجفاف بينما العربات المحملة حديثاً بصواني الغذاء فإنها تتعرض للهواء المنخفض في درجة حرارته والمحمل بالرطوبة الناتجة من عملية التجفيف وهذا يعني أن درجة حرارة المنتج الابتدائية وكذلك رطوبته سوف تكون متدرجة وبالتالي يقل تعرضه لحدوث الجفاف السطحي ووجود المركز الرطب وبهذه الطريقة أيضاً يمكن الوصول إلى مستوى رطوبة منخفض في المنتج النهائي لأن المنتج الأكثر جفافاً يتعرض أيضاً للهواء الأكثر جفافاً والأكثر سخونة.

وعلى العكس من ذلك توجد أنواع أخرى من الأنفاق يدخل فيها الهواء الساخن والعربات المحملة بالغذاء معاً في اتجاه واحد وفي هذه الحالة فإن الجفاف الابتدائي السريع والنهائي البطيء قد يؤدي إلى حدوث الجفاف السطحي واحتجاز الرطوبة داخل المنتج وبالتالي يتأخر جفاف المركز ويتعرض المنتج لحدوث التشققات. عموماً فإن استخدام السير بدلاً من العربات يجعل العملية مستمرة حيث تتم عملية تغذية المنتج وتحميله على السير بطريقة أوتوماتيكية في صورة طبقات رقيقة ثم يدخل السير إلى منطقة التسخين في النفق والتي يتم التحكم في تدفق الهواء الساخن إليها في أقسامها المختلفة حتى يخرج من الاتجاه الآخر المعاكس ثم يجمع المنتج الجاف من على السير أوتوماتيكياً. هذا وتحسب طاقة التجفيف على أساس عدد كيلو جرامات الماء التي تزال من كل متر مربع من سطح السير في الساعة تحت ظروف تجفيف محددة.

عموماً فإن زمن التجفيف القصير بالمقارنة بالتجفيف الشمسي لا يعطي الفرصة لحدوث فقد كبير في القيمة الغذائية أو حدوث تفاعلات كيميائية ضارة بالنكهة أو اللون أو القوام بالدرجة التي تحدث في التجفيف الشمسي فمثلاً لا يتعدى الفقد في فيتامين (ج) في الفاكهة عموماً 10% ويفقد الجزر أقل من 20% من فيتامين (أ) ولكن أهم عيوب التجفيف بهذه الطريقة هو حدوث كرمشة للمنتجات المجففة مما يؤدي إلى صعوبة عملية الترطيب وتقل نسبة تشربها للماء وبالتالي لا تعود إلى حالتها الطبيعية قبل التجفيف ويحدث ذلك غالباً بسبب تحطم الأنابيب الشعرية في الأنسجة أثناء التجفيف وقد تم حديثاً تطوير الأجهزة المستخدمة لمحاولة تلافي ذلك. والشكل (28) يوضح رسم تخطيطي لأحد أنواع مجففات الأنفاق.



شكل رقم (28) مجفف أنفاق

3 - التجفيف باستخدام السير العميق:

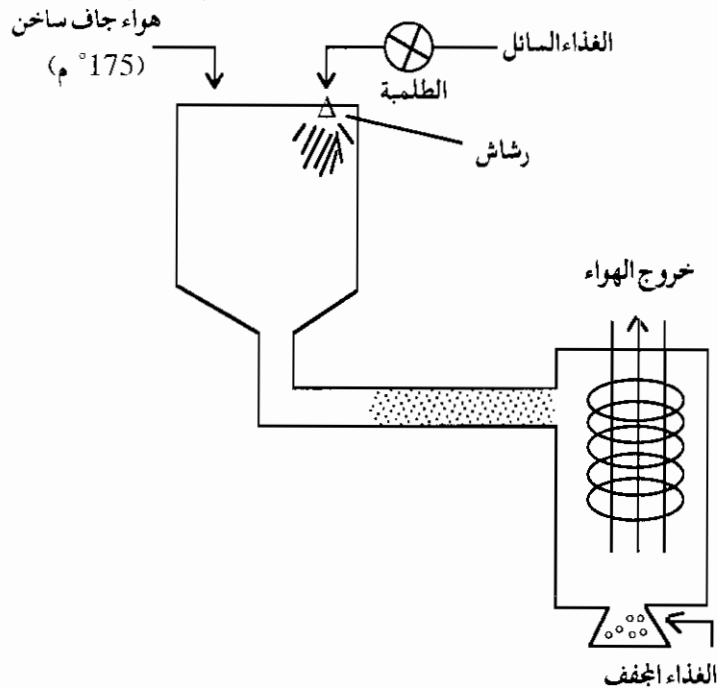
في هذا النوع من المجففات يكون السير من المعدن المثقب على شكل قناة ويتحرك السير بصفة مستمرة وبطريقة تجعل الغذاء في حالة حركة مستمرة بحيث يتجدد السطح المعرض باستمرار ويستخدم الهواء الساخن الذي يندفع من خلال الثقوب وتكون درجة حرارته حوالي 135°C وتحت هذه الظروف يمكن تجفيف قطع الخضروات إلى مستوى رطوبة 5 - 7٪ في زمن قدره ساعة واحدة ولكن ليست كل المنتجات يمكن تجفيفها بهذه الطريقة حيث أن بعض الأحجام والأشكال من قطع الغذاء يصعب تحريكها وتقليبها وبعضها يكون هشاً بعد جفافه فتؤدي عملية التقليب إلى تهشم الحواف كما في حالة شرائح التفاح كذلك قطع الفاكهة التي يخرج منها السكر أثناء التجفيف يمكن أن تلتصق مع بعضها نتيجة عملية التقليب ولهذا لا بد من مراعاة هذه الأمور عند اختيار المجفف وطريقة التجفيف لغذاء معين.

4 - التجفيف بالرداذ:

مجففات الرداذ توجد منها أنواع عديدة تناسب المنتجات المختلفة التي يمكن تحويلها إلى رذاذ مثل الأغذية السائلة ذات اللزوجة المنخفضة والبيورية. وجود الغذاء في صورة نقط

صغيرة مع استخدام هواء درجة حرارته حوالي 200°C م يجعل عملية التجفيف تتم في عدة ثواني بينما لا تزيد درجة حرارة الحبيبات الجافة عن 80°C م ويتم إزالة المنتج المجفف بسرعة من المناطق الساخنة وهكذا يمكن الحصول على منتجات عالية الجودة من الأغذية الحساسة للحرارة مثل اللبن والبيض والقهوة.

في هذه الطريقة يتم دخول الغذاء السائل في صورة رذاذ دقيق جنباً إلى جنب مع هواء ساخن ذو سرعة عالية وذلك داخل غرفة كبيرة يصل طولها إلى 60 - 100 قدم وقطرها حوالي 20 قدم ومع حدوث التلامس بين رذاذ الغذاء والهواء الساخن يحدث فقد للرطوبة ويتحول الغذاء إلى حبيبات صغيرة تسقط في قاع برج التجفيف حيث تتم إزالتها ويخرج الهواء المحمل بالرطوبة المزالة من الغذاء من البرج بواسطة شفاطات خاصة. هذا ويختلف تصميم المجفف حسب نوع الغذاء المراد تجفيفه. عموماً فإن متطلبات التجفيف بهذه الطريقة تشمل على خزانات لتخزين السائل مزودة بظلمبات تعمل تحت ضغط لرفع السائل إلى برج التجفيف ثم جهاز ترميز لتحويل السائل إلى رذاذ بالإضافة إلى مصدر لتسخين الهواء وشفاط لخروج الهواء الرطب ووعاء تجميع للمنتج الجاف والشكل (29) يوضح رسم تخطيطي لمجفف الرذاذ.

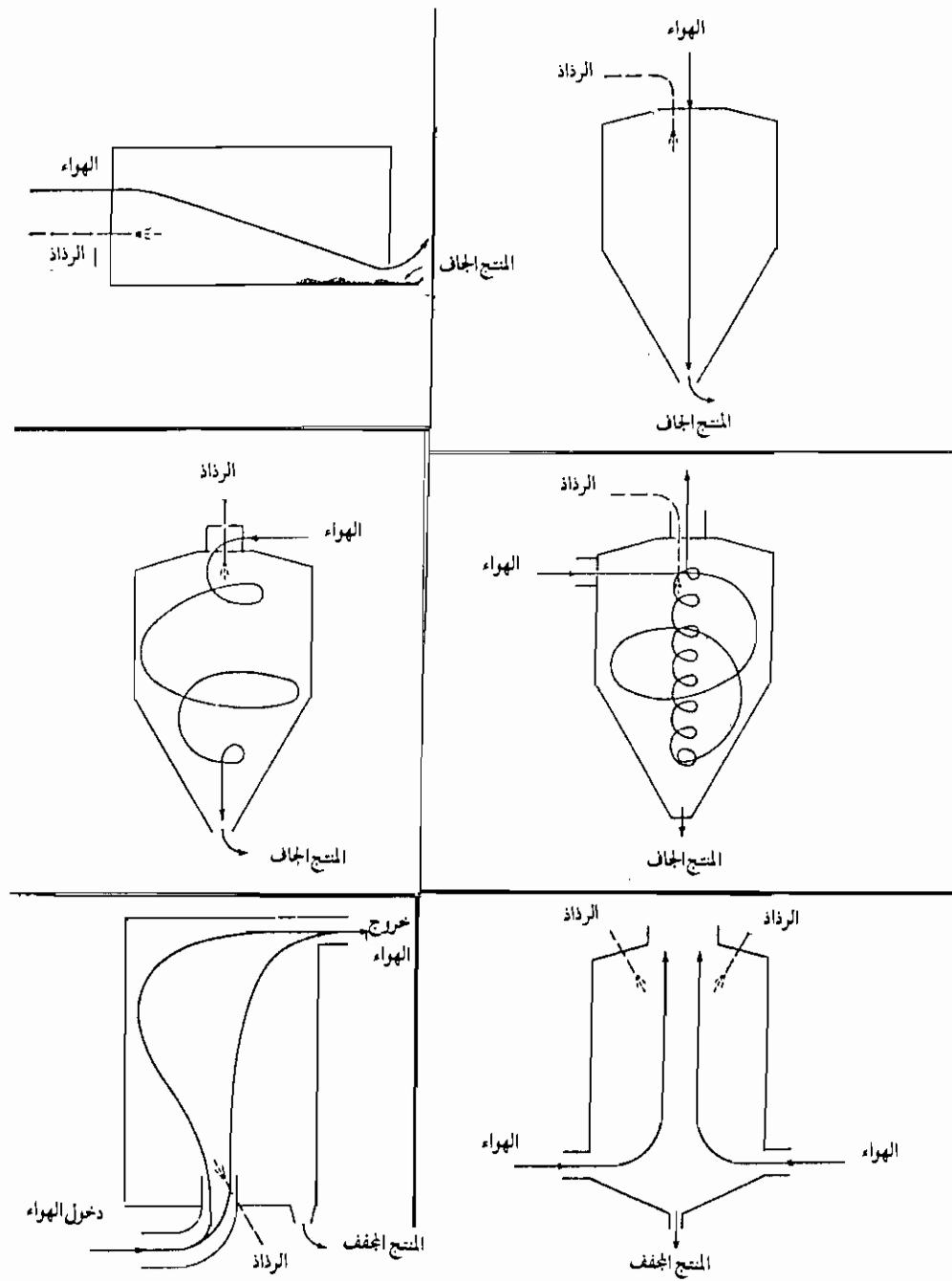


شكل رقم (29) التجفيف بالرذاذ

الهواء الساخن والسائل يدخلان البرج معاً من القمة وفي أنواع أخرى من القاع وقد يدخل كل منها منفصلاً عن الآخر وقطرات الغذاء قد تدخل في صورة خط مستقيم أو في مسار حلزوني والبرج قد يكون في وضع رأسي أو أفقي وكما سبق ذكره في حالة التجفيف بالأنفاق فإن دخول الهواء وقطرات الغذاء معاً في اتجاه واحد ينتج عنه سرعة في التجفيف في المراحل الأولية وبطء في المراحل النهائية ولهذا فإن الاتجاه المعاكس ربما يكون أفضل في حالة الأغذية عالية الهيجروسكوبية (المحبة للرطوبة).

في حالة دخول الغذاء السائل من قمة برج التجفيف فإنه يهبط ويخرج في صورة جافة في اتجاه واحد أما إذا تم دخوله من القاع فإنه يصعد لأعلى أولاً ثم يهبط بعد تجفيفه وفي الحالة الأخيرة تزداد مدة التجفيف . الزمن الأطول للتجفيف يكون مطلوباً في حالة الرغبة في الحصول على مستوى رطوبة أقل في المنتج النهائي أو الرغبة في زيادة حجم الحبيبات حيث تتاح الفرصة لحدوث ارتباط بين الحبيبات الجافة وتلك الأقل جفافاً وتكوين تجمعات تحتوى على جيوب هوائية وبالتالي يكون المنتج أكثر سهولة في الذوبان والترطيب.

جهاز التريذيد يوجد منه نوعان رئيسيان أحدهما يعمل بالضغط المرتفع والآخر عن طريق الطرد المركزي والأخير يستخدم في حالة صعوبة تحويل السائل إلى نقط صغيرة برشاش الضغط كما في حالة السوائل اللزجة والبيورية. وكلما صغر حجم قطرات السائل وكلما زادت درجة التجانس في حجم القطرات كلما زاد معدل التجفيف. زيادة عدم التجانس سوف ينتج عنه جفاف القطرات الصغيرة أكثر من اللازم قبل أن تجف القطرات الأكبر حجماً كذلك سوف يختلف حجم الحبيبات في المنتج النهائي وهذا سوف يؤثر على معدل الذوبان والترطيب. القطرات صغيرة الحجم تجف أيضاً في صورة حبيبات ناعمة قد تفقد مع الهواء الخارج إذا لم يكن نظام التجميع على قدر عالٍ من الكفاءة. ولا بد أن يراعى في تصميم المجفف مسار القطرات السائلة الصغيرة بحيث لا تلامس الجدران حتى لا تلتصق بها قبل أن يكتمل جفافها حيث تصعب إزالتها وتعرض للتلف بتأثير الحرارة. الشكل رقم (30) يوضح رسوماً تخطيطية لبيان كيفية دخول السائل والهواء وخروج المنتج المجفف في الأنواع المختلفة من مجففات الرذاذ.

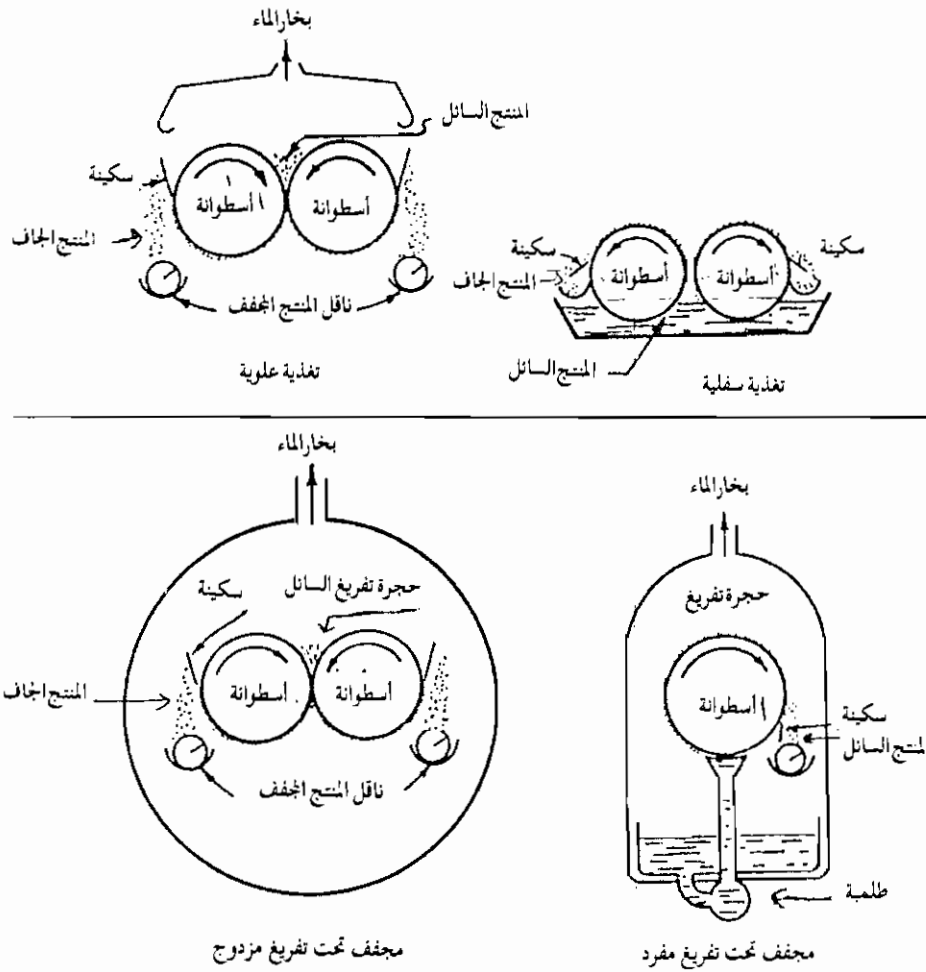


شكل رقم (30) نماذج مختلفة لجفف الرذاذ

5 - التجفيف بالإسطوانات:

في هذا النوع من المجففات فإن الأغذية السائلة مثل اللبن والبيورية وكذلك العجائن مثل عجينة البطاطس والطماطم يمكن تجفيفها في صورة طبقات رقيقة على سطح اسطوانات دائرية يتم تسخينها من الداخل بالبخار. المجفف قد يتكون من اسطوانة واحدة أو زوج من الاسطوانات ويتم دفع الغذاء بين اسطوانتين تدوران معاً والمسافة بينهما تحدد سمك طبقات الغذاء والعملية تتم بطريقة مستمرة وعند نقطة محددة في الأسطوانة يتم تثبيت سكين لكشط الطبقة الرقيقة الجافة. هذا ويتم ضبط سرعة الاسطوانات بحيث تجف طبقة الغذاء بمجرد وصولها لمكان الكشط. درجة حرارة سطح الاسطوانة تصل إلى 100 - 150 °م ومع طبقة الغذاء ذات سمك أقل من 2 ملميمتر فإن عملية التجفيف تتم خلال دقيقة واحدة أو أقل حسب نوع المادة الغذائية.

ارتفاع درجة حرارة الإسطوانات بالرغم من أنه يسرع عملية التجفيف إلا أن ذلك قد يؤثر على طعم ولون المنتج النهائي كما أن صعوبة التحكم في درجة الحرارة بحيث تكون متماثلة على كل مناطق التجفيف يؤدي إلى حدوث تفاوت في معدل التجفيف. هذا وبالرغم من سهولة كشط اللبن والبطاطس من على سطح الإسطوانات في صورة رقائق جافة فإن ذلك غير ممكن مع كثير من الفاكهة والعصائر التي تميل إلى أن تكون لزجة أو شبه منصهرة وهي ساخنة فيحدث لها تراكم والتصاق بحد السكين ونحتاج في هذه الحالة إلى وجود منطقة تبريد لتحويل المادة اللزجة إلى مادة هشة سريعة الانكسار قبل الوصول إلى نقطة الكشط ويحتاج الأمر لتنفيذ ذلك أن تكون الاسطوانات طويلة بالدرجة الكافية بحيث يمكن تبريد منطقة في حدود 6 متر في اسطوانة يصل طولها إلى 45 م ويستخدم الهواء البارد في عملية التبريد. والشكل (31) يوضح تصميمات مختلفة لمجففات الاسطوانات تحت الضغط الجوي العادي أو تحت تفريغ وفي الحالة الأخيرة يمكن خفض درجة الحرارة ولكن هذا سوف يؤدي إلى زيادة التكلفة.



شكل رقم (31) التجفيف بالإسطوانات

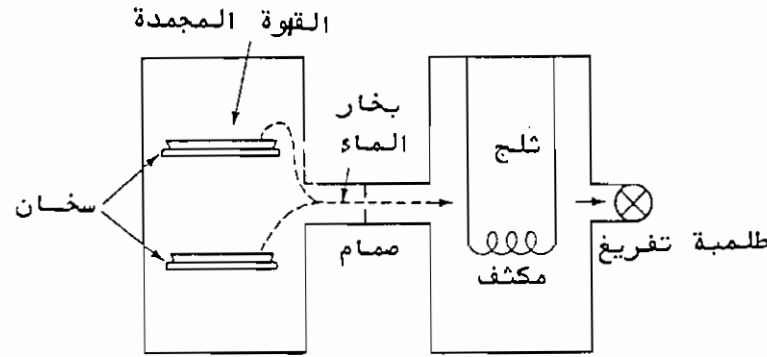
عموماً يعتبر التجفيف بالإسطوانات مناسباً للأغذية ذات المقاومة النسبية لتأثير الحرارة حيث أن هذه الطريقة تعتبر من الناحية الاقتصادية الأقل في التكلفة بينما في حالة الأغذية الحساسة للحرارة مثل اللبن فإنها غالباً تكتسب الطعم المطبوخ وتقل درجة جودتها بالمقارنة بطريقة التجفيف بالرداذ ولكنها تكون مناسبة لاستخدامها كمكون في تصنيع الأغذية ذات النكهة الضعيفة.

6 - التجفيف بالتجميد (التجفيد):

تعتبر هذه الطريقة من أفضل طرق التجفيف المستخدمة حالياً حيث تقلل التغيرات الكيميائية غير المرغوبة وكذلك الفقد في العناصر الغذائية إلى أقل درجة ممكنة مقارنة بطرق الحفظ الأخرى نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة ورغم ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة الاستخدام نظراً لتكلفتها العالية حيث تصل إلى 2 - 5 أضعاف لكل وزن من الماء يمكن إزالته بطرق التجفيف الأخرى ولهذا فإن استخدام هذه الطريقة يكون عادة مع الأغذية الحساسة للحرارة وذات القيمة السعيرية العالية مثل القهوة والعصائر والفراولة والجمبري الكامل وشرائح الفراخ والمشروم وهذه الأغذية أيضاً يصعب تجفيفها بالطرق الأخرى دون أن تتأثر جودتها وقيمتها الغذائية بطريقة جوهرية. فعلى سبيل المثال فإن الفراولة الكاملة تكون ثمارها لينة وسهلة التهشم نظراً لارتفاع نسبة الماء بها وأي طريقة من طرق التجفيف العادية التي تستخدم فيها الحرارة سوف تسبب حدوث درجة عالية من الانكماش والتهشم وبالتالي فقد القوام الطبيعي وعند إعادة الترطيب فإن المنتج لن يستعيد لونه الطبيعي أو نكهته أو حجمه. هذا كله يمكن تجنبه عن طريق التجفيف من الحالة الصلبة المجمدة حيث تنخفض درجة الحرارة المستخدمة وتقل فرصة حدوث الانكماش وكذلك يقل تعرض المنتج للتهشم أثناء فقد الماء كما أن عملية الترطيب تتم بسهولة وبسرعة وتعتمد عملية التجفيف بهذه الطريقة على ظاهرة التسامي حيث تتحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة. الماء المتجمد في صورة ثلج يمكن أن يتسامى ويتحول مباشرة إلى بخار الماء وذلك عند درجة حرارة صفر °م أو أقل وفي وجود تفريغ (ضغط يساوي 4.7 ملليمتر زئبق أو أقل) تحت هذه الظروف الماء يظل مجمداً وجزيئات الماء تتسامى من كتلة الثلج بمعدل سريع واستخدام الحرارة يسرع من عملية التسامي وللوصول لأقصى معدل يستلزم ذلك التحكم في درجة الحرارة بحيث لا تؤدي إلى انصهار الثلج والحفاظة على التفريغ بحيث يكون الضغط في حدود 0.1 - 2 ملليمتر زئبق هذا وتبدأ عملية التسامي من السطح في اتجاه مركز قطعة الغذاء وفي النهاية تصل رطوبة المنتج إلى أقل من 5٪ وحيث أن الغذاء يظل صلباً أثناء التسامي فإن جزيئات الماء المتبخرة تترك فراغات خلفها مما يكسب المنتج التركيب المسامي الاسفنجي وهكذا فإن عملية الترطيب تكون

سريعة ولكن الأمر يتطلب حماية المنتج من امتصاص الرطوبة من الجو المحيط باستخدام العبوات المناسبة. ويجب ملاحظة أنه مع تقدم عملية التجفيف فإن المعدل يقل نظراً لأن الطبقة المسامية الجافة السطحية تعمل كعازل وتبطئ من معدل انتقال الحرارة وكذلك تبطئ من معدل خروج جزيئات الماء.

وعلى سبيل المثال فإن إنتاج القهوة المحففة بهذه الطريقة يتم بصب القهوة السائلة في صينية من الحديد الصلب غير القابل للصدأ لمسافة حوالي $\frac{1}{4}$ العمق ثم توضع الصواني في غرفة التجميد على -40°C (-40°F) وعندما تتجمد تنقل إلى الغرفة المتصلة بطلمبة التفريغ حيث يتم امداد الطبقات المتجمدة بالحرارة بعد إجراء عملية التفريغ وتقوم الحرارة بتحويل الثلج مباشرة إلى البخار الذي يندفع إلى غرفة أخرى حيث يعاد تجميده على سطح المكثف ووجود التفريغ يساعد على سرعة تحرك البخار الناتج إلى سطح المكثف ويمنع انصهار الثلج المتكون ويتضح ذلك في الشكل رقم (32) .



شكل رقم (32) التجفيف بالتجميد

ولتقليل التكلفة والحصول في نفس الوقت على درجة جودة عالية يتم في التطبيقات الحديثة الدمج بين التجفيف الهوائي لقطع الغذاء إلى مستوى رطوبة 50% ثم تكمل عملية التجفيف عن طريق التجفيد حتى مستوى رطوبة 2 - 3% .

7 - التجفيف بطريقة الرغوة: Foam-Mat Drying

وتستخدم هذه الطريقة أساساً مع عصائر الفاكهة المركزة حيث يتم ضرب هذه السوائل في الخلط مع مادة مثبتة للرغوة مثل الميثايل سليلويز إلى أن يتم تكوين رغوة كثيفة ثم تفرد

هذه المادة الرغوية على ألواح مثقبة في صورة طبقة رقيقة ويتم تجفيفها بالهواء الساخن ثم طحنها وتحويلها إلى مسحوق وقد تم تحويل كثير من عصائر الفاكهة المركزة مثل عصير البرتقال والليمون والجريب فروت والتفاح إلى مسحوق منخفض في نسبة الرطوبة بهذه الطريقة وتتميز المواد المجففة الناتجة بتركيب مسامي جيد يجعلها سريعة الذوبان حتى في الماء البارد. ونظراً إلى أن تبخير الماء من المواد الرغوية يتم بمعدل سريع فإنه يمكن تجفيف المنتجات بهذه الطريقة على درجة حرارة منخفضة نسبياً وتحت الضغط الجوي العادي وفي زمن قصير فعلى سبيل المثال فإن عصير الفاكهة المركز بسمك $\frac{1}{8}$ بوصة يمكن تجفيفه على درجة حرارة 160° ف إلى مستوى رطوبة 2.2٪ خلال 15 دقيقة والمسحوق الناتج يتميز بلون ونكهة أفضل مقارنة بمثيله الناتج باستخدام طرق التجفيف الأخرى التي يستخدم فيها أيضاً الهواء الساخن.

وتستخدم هذه الطريقة بقلّة نسبياً نظراً لانخفاض فترة الصلاحية للمواد الناتجة حيث أن التركيب المسامي الذي تتميز به يؤدي إلى سهولة ادمصاص الرطوبة والأكسجين وبالتالي يتيح الفرصة لحدوث التفاعلات التي تؤثر تأثيراً ضاراً على صفات الجودة.

8 - التجفيف تحت تفريغ:

يعتبر التجفيف تحت تفريغ من الطرق التي يمكن من خلالها الحصول على منتج مجفف بدرجة عالية من الجودة ولكن التكلفة تكون أعلى بالمقارنة بالطرق الأخرى التي لا تستخدم التفريغ وفي هذه الطريقة يتم التحكم في درجة حرارة الغذاء ومعدل إزالة الماء عن طريق التحكم في درجة التفريغ وكمية الحرارة الداخلة إلى الغذاء. انتقل الحرارة إلى الغذاء يتم عن طريق التوصيل وكذلك الإشعاع وتتكون كل أنواع المجففات التي تعمل بالتفريغ من أربعة أجزاء رئيسية:

- غرفة تفريغ ذات بناء محكم يتحمل الفرق الكبير في الضغط الداخلي والخارجي حولها.

- وسيلة لإحداث التفريغ والمحافظة عليه.

- مصدر للإمداد بالحرارة.

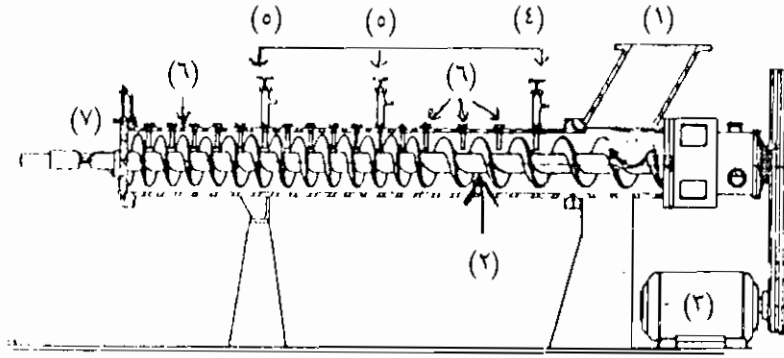
- وسيلة لاستبعاد بخار الماء بمجرد خروجه من الغذاء، غرفة التفريغ تحتوي عادة علي أرفف أو حوامل يوضع عليها الغذاء. هذه الأرفف يتم تسخينها كهربائياً أو من خلال سائل ساخن يمر داخلها وتنتقل الحرارة إلى الغذاء عن طريق التلامس بالتوصيل كما أن كل رف يشع الحرارة إلى الغذاء الموجود على الرف الذي يوجد أسفله بالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام مصدر إشعاع حراري خاص مثل الأشعة تحت الحمراء يتم توجيهه نحو الغذاء لزيادة كمية الحرارة المنتقلة إليه.

الجزء الخاص بانتاج التفريغ والحفاظة عليه يكون خارج غرفة التفريغ ويتكون عادة من طلمبة تفريغ ميكانيكية أو مضخة بخار تقوم بطرد الهواء من الغرفة والجزء الخاص بتجميع بخار الماء يكون عادة عبارة عن جدار بارد يعمل كمكثف وقد يكون داخل غرفة التفريغ أو خارجها.

التفريغ المستخدم يعطي ضغطاً في حدود 0.1 - 5 ملليمتر زئبق حسب نوع المجفف ونوع الغذاء وطبيعة المنتج النهائي. العناصر المجففة بهذه الطريقة تكتسب التركيب الاسفنجي وتمتاز بسرعة الذوبان وبقلة التغيرات غير المرغوبة نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة والتي تكون في حدود 40° م أو أقل . ومن المعروف أن الماء يغلي على درجة 100° م عند ضغط يساوي 760 ملليمتر زئبق ويغلي على درجة 72° م عند ضغط يساوي 250 ملليمتر زئبق وهكذا كلما زاد مقدار التفريغ وانخفض الضغط كلما انخفضت درجة غليان الماء.

بالإضافة إلى الطرق السابق ذكرها والتي تستخدم في تجفيف الأغذية لغرض الحفظ وإطالة فترة الصلاحية فإن هناك بعض المعاملات التي تتم على الأغذية ويحدث خلالها تجفيف جزئي وفقد للماء ولكن لا تكون أساساً بغرض الحفظ بقدر ما يكون الهدف هو الحصول على المنتج في صورة أخرى قابلة للاستهلاك مثل البطاطس المحمرة حيث يحل الزيت الساخن محل الهواء كوسط تجفيف ويتبخر الماء ويخرج من الغذاء ويحل الزيت محله وكذلك عملية الخبز والتي يتم فيها تبخير الماء باستخدام الحرارة للحصول على منتجات الخباز المختلفة وكلما زادت فترة الخبز كلما زاد جفاف المنتج وبالتالي تزداد فترة صلاحيته ومثال ذلك أنواع البسكويت الجاف المختلفة وكذلك الخبز المحمص. أيضاً انتاج أغذية

الأطفال وأغذية الإفطار السريعة الإعداد والمعروفة بالـ snacks يتم تحضيرها من خلال عملية تجفيف للعجائن باستخدام الطبخ بالحرارة تحت ضغط بواسطة جهاز يسمى الـ Extruder وتسمى العملية الـ Extrusion Cooking ويتكون الجهاز من اسطوانة تسخن من الخارج بالبخار ويتحرك بداخلها حلزون والمسافة بينه وبين جدران الاسطوانة تقل باستمرار ويدخل المنتج المراد تجفيفه إلى الجهاز في صورة عجينة ذات نسبة رطوبة محددة وعند دوران الحلزون فإنه يحمل العجينة خلال الاسطوانة وهكذا فإنها تتعرض لعملية طبخ بواسطة درجة حرارة الجدران العالية كما أن الضغط الواقع عليها يزداد باستمرار نتيجة التناقص المستمر في المسافة بين الحلزون وجدران الاسطوانة حتى تخرج من فتحة صغيرة في نهاية الاسطوانة ونظراً لارتفاع درجة حرارة العجينة وضغطها العالي فإنها تتعرض للتمدد وزيادة الحجم كما يتبخر الماء منها بمجرد خروجها مما يعطي للمنتج القوام الهش المسامي والشكل التالي يوضح أجزاء الجهاز المستخدم:



١ - قادوس التغذية

٢ - الحلزون

٣ - موتور الحركة

٤ ، ٥ - صمامات دخول البخار الساخن

٦ - المراجز الداخليه وغلاف الحلزون (الاسطوانة)

٧ - ماكينة التقطيع

شكل رقم (33) الطبخ بالحرارة تحت ضغط

التغيرات التي تحدث في الأغذية أثناء التجفيف:

التغيرات التي تحدث في الأغذية أثناء تجفيفها تشمل النكهة والقوام واللزوجة واللون والقيمة الغذائية والثبات أثناء التخزين ومعدل الترطيب. وهذه التغيرات تحدث بدرجات مختلفة سواء كلها أو بعضها وذلك حسب نوع المنتج وطريقة التجفيف وخطوات الإعداد السابقة للتجفيف.

التلون البني الأنزيمي قد يحدث نتيجة لنشاط الإنزيمات المؤكسدة للفينولات العديدة إذا لم يتم تثبيط نشاطها خلال خطوات الإعداد (السلق أو الكبرتة) حيث أن درجة حرارة التجفيف غالباً لا تكون كافية لتثبيطها بسبب التأثير التبريدي الناتج من تبخر الماء أثناء التجفيف. كذلك التلون البني غير الأنزيمي وهو ما يطلق عليه تفاعل ميلارد والذي يحدث بين الألدهيدات ومجموعات الأمين في السكريات والبروتينات وهو يحدث على درجات الحرارة العالية في وجود تركيز عالي من مواد التفاعل وبعض الماء حيث أنه أثناء التجفيف ومع استمرار تبخر الماء يزداد تركيز مواد التفاعل ويحدث تفاعل ميلارد بسرعة كبيرة وذلك عند مستوى رطوبة 15 - 20%. ومع انخفاض المحتوى المائي أكثر من ذلك يقل معدل التفاعل حتى يصل إلى مستوى رطوبة 2% عندها يكون التغير في اللون نتيجة لتفاعل ميلارد قليلاً جداً ولهذا يراعى في نظام التجفيف أن يتم نزع الماء بسرعة لتقل الفترة التي يحدث فيها التفاعل بمعدل سريع وبالتالي تقليل التلون البني الناتج عنه. اللون يتأثر أيضاً بحدوث عملية الكرملة للمواد السكرية أو احتراق أي مواد أخرى أثناء عملية التجفيف مما يكسب المنتج أيضاً لوناً بنياً.

ومن التغيرات الهامة التي تحدث في الأغذية المجففة الفقد في القابلية للترطيب للمنتج عند إعادة تكوينه ليصبح مرة أخرى في صورته الأصلية ويرجع ذلك إلى الانكماش الذي يحدث نظراً لأن تبخر الماء لا يتم بالتساوي خلال قطعة الغذاء وبالتالي تظهر درجات مختلفة من الانكماش خلال مرحلة التجفيف. كذلك تتأثر عملية إعادة الترطيب نتيجة لتحطم الخلايا والأنابيب الشعرية.

وبالإضافة إلى التغيرات السابقة فإن بعض التفاعلات الكيميائية والطبيعية التي تحدث في المواد الغروية تسبب أيضاً تأثيراً عكسياً على معدل القابلية للترطيب حيث أن الحرارة وزيادة تركيز الأملاح نتيجة تبخر الماء تسبب حدوث دنترية جزئية للبروتين وبالتالي تقل

كفاءته في امتصاص الماء ومقدرته على الارتباط به. وكذلك تقل أيضاً مقدرة المواد النشوية والصمغ على امتصاص وربط الماء. بالإضافة إلى ذلك فإن السكريات والأملاح تخرج من الخلايا المهشمة إلى الماء المستخدم في إعادة الترطيب مما يسبب فقد في قدرتها على الانتفاخ. هذه العوامل كلها تؤثر على كمية الماء الممتصة وبالتالي لا تصل إلى المستوى الأصلي قبل التجفيف وهذا يسبب التغير الذي يحدث في قوام الغذاء المجفف المعاد ترطيبه بالمقارنة بالغذاء في صورته الطازجة.

التغيرات في النكهة تحدث نتيجة تطاير بعض المكونات بتأثير الحرارة ويعتمد مقدار التغير على نوع الغذاء وطريقة التجفيف المستخدمة ومن الصعب منع حدوث هذه التغيرات ولكن في بعض الأحيان يتم استرجاع هذه المكونات المتطايرة عن طريق تكثيفها ثم يعاد إضافتها إلى المنتج وقد تضاف مستحضرات النكهة المشتقة من مصادر أخرى. وفي طرق أخرى قد تضاف بعض المواد المثبتة للنكهة إلى الأغذية السائلة قبل تجفيفها. وقد تستخدم هذه المواد في تغطية أجزاء المنتج الصلبة لتمدها بالحماية ضد فقد المواد المتطايرة.

ومن الظواهر المهمة التي تحدث أثناء تجفيف الأغذية ظاهرة الجفاف السطحي -Case hardening وهي تحدث عندما تكون ظروف التجفيف غير متوازنة وتكون درجة حرارة السطح عالية جداً وبالتالي يكون معدل تبخر الماء من السطح أعلى من معدل تبخره من المركز فتتكون بشرة جافة بسرعة قبل أن تحدث هجرة معظم الرطوبة الداخلية وهذا يسبب انخفاض معدل التجفيف وحجز كثير من الماء داخل المركز وهذه الظاهرة يكثر حدوثها مع الأغذية الغنية بالسكريات والمواد الذائبة مثل قطع الفاكهة. ويمكن التغلب على هذه الظاهرة عن طريق التحكم في درجة الحرارة خاصة في المراحل الأولى من التجفيف بحيث لا ترتفع درجة حرارة السطح بدرجة عالية وكذلك عن طريق تجزئة المنتج المراد تجفيفه إلى قطع صغيرة لزيادة السطح المعرض.

عصائر الفاكهة والأغذية الغنية بالسكريات تعتبر من الأغذية الـ Thermoplastic وهذا يعني أن هذه الأغذية عند تجفيفها يحدث لها طراوة وانصهار لبعض مكوناتها الصلبة ويحدث لها انصاق بالسير أو الصواني مما يعطي الانطباع بأنها مازالت تحتوي على الرطوبة ولكن عند تبريدها فإن هذه المواد الثرموبلاستيكية تجف في صورة بلورات ذات شكل زجاجي منتظم

وفي هذه الحالة يمكن إزالتها بسهولة ولهذا نجد أن معظم أنواع السيور يتم تزويدها بمنطقة تبريد تكون سابقة لسكينة الكشط لتسهيل إزالة هذه المواد.

وبالنسبة لتأثير التجفيف على القيمة الغذائية فإن ذلك يختلف اختلافاً كبيراً نظراً إلى اختلاف خطوات الإعداد والتجهيز لكل نوع من الأغذية وكذلك الاختلافات في ظروف التجفيف من حيث الزمن ودرجة الحرارة المستخدمة وأيضاً ظروف التخزين.

عموماً فإن معظم التأثير على القيمة الغذائية يرجع إلى الفقد الذي يحدث في بعض الفيتامينات والذي يبدأ حدوثه أثناء عمليات الإعداد والتجهيز فمثلاً عند تحضير شرائح التفاح يحدث فقد في فيتامين C أثناء التقطيع بنسبة تصل إلى 8٪ ويفقد منه حوالي 62٪ أثناء السلق بالماء وحوالي 10٪ أثناء تحويل الشرائح إلى بيورية بينما يفقد حوالي 5٪ فقط عند التجفيف باستخدام الاسطوانات.

هذا وتتأثر نسبة الفقد في الفيتامينات بدرجة القابلية للذوبان في الماء فبعض الفيتامينات مع تقدم عملية التجفيف تصبح في حالة فوق مشبعة نتيجة زيادة تركيزها في الماء المتبقى وترسب في المحلول مثل الريبوفلافين ويقل معدل الفقد فيها بالتالي بعكس فيتامين C الذي يظل في حالة ذائبة حتى مع انخفاض المحتوى المائي للغذاء بالإضافة إلى حساسيته العالية للحرارة والأكسدة ولهذا يزداد الفقد فيه ولذلك فإن زمن التجفيف القصير وكذلك انخفاض مستوى الأكسجين ودرجة الحرارة والرطوبة في جو التخزين كلها عوامل ضرورية لتجنب زيادة الفقد. ويعتبر الثيامين أيضاً من الفيتامينات الحساسة للحرارة بينما أنواع الفيتامينات الأخرى الذائبة في الماء تعتبر أكثر ثباتاً ومقاومة للحرارة والأكسدة والفقد أثناء التجفيف نادراً ما يزيد عن 5 - 10٪ بخلاف الفقد أثناء عمليات الإعداد.

بالنسبة للمغذيات الذائبة في الدهون مثل فيتامينات A, D, E, K وكذلك الأحماض الدهنية الضرورية تكون غالباً داخل المادة الجافة أثناء التجفيف ولا يحدث لها تركيز أثناء التجفيف ولكن في حالة وجود بعض المعادن الثقيلة الذائبة في الماء فإنها تشجع حدوث الأكسدة للأحماض الدهنية غير المشبعة ويزداد نشاط هذه المعادن كلما انخفض المحتوى المائي ويزداد بالتالي معدل الأكسدة والبيروكسيدات الناتجة عن هذه التفاعلات تتفاعل مع الفيتامينات الذائبة في الدهون مما يسبب حدوث بعض الفقد فيها.

تعبئة وتخزين الأغذية المجففة:

بعد الإنتهاء من عملية التجفيف لابد من العناية الكاملة بعملية التعبئة والتخزين وذلك لتلافي زيادة الفقد في عناصر الجودة أو القيمة الغذائية.

العبوة المستخدمة يجب أن توفر الحماية الكاملة من الماء والأكسجين ولهذا يجب أن تكون مقاومة لنفاذ الرطوبة من الجو المحيط بها ولا بد أن يكون الفراغ الهوائي أقل ما يمكن ويفضل التعبئة تحت تفريغ أو في وجود غاز خامل مثل النتروجين كذلك يجب أن تكون العبوة غير منفذة للضوء.

وبالنسبة لمكان التخزين يجب أن يكون بارد وجاف حيث أن أهم مشكلة تواجه الأغذية المجففة هي تغير صفاتها الطبيعية بمجرد وصول الرطوبة إليها فمثلاً البسكويت وقطع البطاطس الرقيقة يتعرضان لفقد القرمشة المميزة لهما عند امتصاص الرطوبة من الجو المحيط بالإضافة إلى أن ارتفاع نسبة الرطوبة قد يسمح للنشاط الميكروبي بالحدوث وبالتالي فساد الغذاء وهذا يعني ضرورة أن توفر العبوة مع ظروف التخزين الحماية الكافية للغذاء من اكتساب الرطوبة أو نفاذ الأكسجين. ولا بد كذلك من اتخاذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول الحشرات والقوارض إلى مكان التخزين وذلك بمراعاة النظافة التامة وتغطية النوافذ بالسلك واستخدام المبيدات الحشرية لتطهير المخازن باستمرار مع ضمان عدم وصول هذه المبيدات إلى الغذاء.

وفيمايلي نذكر أمثلة لبعض منتجات الفاكهة والخضر المجففة.

(1) تجفيف العنب وانتاج الزبيب:

يعتبر الزبيب من المنتجات المجففة الشائعة ويتم الحصول عليه بتجفيف أنواع معينة من العنب تتميز بارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة وقوة الغلاف الخارجي سواء باستخدام التجفيف الشمسي أو الصناعي وحسب المواصفات القياسية المصرية يعرف الزبيب بأنه ناتج تجفيف واحد أو أكثر من أصناف العنب الطازج عديم البذور أو التي تحتوي على البذور والتي تصلح للتجفيف.

وبالنسبة للعنب المعد للتجفيف تشترط المواصفات القياسية المصرية الاشتراطات العامة التالية.

- (1) أن تكون حبات عناقيد العنب المعدة للتجفيف من صنف الطومسون عديم البذور (العنب البناتي) أو المسكات ذو البذور أو غيرهما.
- (2) أن تكون سليمة تامة النضج ذات قوة حفظ طبيعية.
- (3) أن تكون خالية من الحشرات وأطوارها المختلفة.

خطوات تجفيف العنب:

- (1) جني المحصول عند تمام النضج حيث تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة ومركبات النكهة إلى أقصاها.
- (2) غمر عناقيد العنب في محلول ساخن من الصودا الكاوية تركيزه 0.5% لمدة بضع ثواني وذلك للتخلص من الطبقة الشمعية التي تغطي حبات العنب حتى تسهل عملية تبخير الماء أثناء التجفيف.
- (3) تغسل عناقيد العنب بالماء البارد حتى يتم إزالة أثار القلوي تماما.
- (4) تجرى عملية الكبريتة بالغمر في أحد محاليل حامض الكبريتوز بحيث تصل نسبة ثاني أكسيد الكبريت إلى 800 - 1500 جزء في المليون في المنتج النهائي حتى يمكن الحصول على زبيب لونه فاتح ومرغوب.
- (5) تفرد العناقيد على صواني خشبية وتوضع في الشمس لمدة 2 - 3 أسابيع مع التقليب ثم تكمل عملية التجفيف في الظل حيث ترص الصواني فوق بعضها وتترك حتى يتم استوائها وتنتهي عملية التجفيف عندما تصل نسبة الرطوبة في الزبيب إلى 15 - 18% وفي حالة استخدام التجفيف الصناعي ترص عناقيد العنب بعد إجراء عملية الكبريتة على صواني خاصة وتوضع في المجفف ذي الانفاق على درجة حرارة 155 - 165° ف وتستغرق عملية التجفيف حوالي 20 - 25 ساعة.
- (6) بعد انتهاء عملية التجفيف ترص العناقيد في صناديق وتكبس جيدا مع مراعاة عدم تكسرها حتى يسهل إزالتها بعد ذلك وتترك لمدة 2 - 3 أسابيع حتى يتم تجانس الرطوبة ودرجة الحلاوة في الزبيب ثم يفصل الزبيب من العناقيد يدويا أو آليا باستخدام ماكينات خاصة.

(7) يعبأ الزبيب الناتج في عبوات مناسبة تحافظ على الخواص المميزة للمنتج ويوضح عليها البيانات التالية والتي تحددها المواصفات القياسية المصرية:

- (1) عبارة زبيب ونوعه.
 - (2) اسم المنتج وعنوانه وعلامته التجارية.
 - (3) الوزن الصافي.
 - (4) تاريخ الإنتاج وتاريخ انتهاء الصلاحية.
 - (5) في حالة إجراء عملية الكبريت تدون نسبة ثاني أكسيد الكبريت على العبوة.
 - (6) عبارة صنع في مصر في حالة الانتاج المحلي.
- ويجب أن تكتب البيانات باللغة العربية بخط واضح ويجوز كتابتها بلغة أخرى بجانب اللغة العربية بخط أصغر.
- وبالنسبة للزبيب الناتج تحدد المواصفات القياسية المصرية - الاشتراطات الآتية:

- (1) أن يكون الزبيب متجانس اللون لامعاً.
- (2) أن يتراوح لونه بين الأصفر الباهت والعقيقى.
- (3) أن يكون خالياً من بقايا الأعناق الثمرية.
- (4) أن يكون خالياً من الروائح والطعم الغريب.
- (5) أن يكون نظيفاً خالياً من الأتربة والرمال أو أية أجزاء معدنية.
- (6) أن يكون خالياً من الاصابات الحشرية.
- (7) لا تقل نسبة الرطوبة في الزبيب عن 15% ولا تزيد على 18% .
- (8) لا تزيد نسبة ثاني أكسيد الكبريت على الحدود المسموح بها صحياً.
- (9) أن يكون خالياً من الترموات الفطرية وسمومها الضارة.
- (10) أن يكون خالياً من الميكروبات الممرضة وسمومها الضارة.

2- لفائف المشمس المجفف «قمر الدين»:

قمر الدين حسب تعريف المواصفات القياسية هو ناتج تجفيف العجينة الناتجة من هرس المشمس التام النضج والتلوين والمجهز علي صورته لفائف. ويشترط في ثمار المشمس المستخدمة أن تكون سليمة تامة النضج خالية من الحشرات أو أجزائها أو أطوارها أو الاصابات الفطرية.

ويتم الحصول على لفائف قمر الدين باتباع الخطوات الآتية:

- (1) جني المحصول عند تمام النضج واكتمال التلوين.
 - (2) إجراء عملية الغسيل للثمار للتخلص من الأتربة وآثار المبيدات.
 - (3) إجراء عملية الفرز لاستبعاد أي ثمار غير مطابقة للمواصفات المطلوبة.
 - (4) إجراء عملية الكبرة للثمار الكاملة باستخدام غاز ثاني أكسيد الكبريت.
 - (5) تهرس الثمار ويتم التخلص من النوى ويعصر اللب الناتج ويصفى.
 - (6) يوضع العصير المتحصل عليه في الخطوة السابقة في صواني خشبية مع مراعاة دهانها بزيت الزيتون حتى لا تلتصق اللفائف الناتجة بالصواني ويصعب الحصول عليها سليمة.
 - (7) تترك الصواني في الشمس حتى يجف العصير تماما وتستغرق العملية حوالي 3 - 4 أيام حيث تصبح نسبة الرطوبة في الناتج المجفف 16 - 18 %.
- هذا وتنص المواصفات القياسية المصرية على ضرورة توفر الاشتراطات الآتية في اللفائف الناتجة:

- (1) أن يكون المنتج خاليا تماما من البذور أو أجزائها أو المواد الغريبة.
- (2) أن يكون متجانساً في القوام واللون والطعم والرائحة المميزة لثمار المشمس التامة النضج ويحظر استخدام الألوان الصناعية.
- (3) أن يكون خاليا من التزنخ والروائح الغريبة.
- (4) أن تكون اللفائف مرنة غير ملتصقة يسهل فردها.
- (5) لا تزيد نسبة الرطوبة على 18 %.
- (6) لا تزيد نسبة السكريات الكلية على 70 % محسوبة كسكريات أحادية.

- (7) لا تزيد نسبة الألياف على 3.5٪.
- (8) لا تزيد نسبة الحموضة الكلية على 5٪ محسوبة كحامض ستريك لامائي.
- (9) لا يزيد حد ثاني أكسيد الكبريت على 2000 جزء في المليون.
- (10) لا يزيد حد الزرنيخ على 0.1 جزء في المليون والرصاص على 2 جزء في المليون والنحاس على 10 جزء في المليون.
- (11) أن يكون المنتج خاليا من بكتريا القولون النموذجي.
- (12) لا يزيد عدد خلايا الفطر على 100 خلية / جم.

ويجب تعبئة اللفائف الناتجة في عبوات سليمة ونظيفة وبالطريقة المناسبة التي تؤدي لحمايتها من التلوث أو امتصاص الرطوبة من الجو ويجب أن يوضح على العبوة وبخط واضح اسم الصنف ونوعه والاسم التجاري للصنف واسم المنتج وعلامته التجارية أو أحدهما وكذلك المكونات الأساسية والمواد المضافة والوزن الصافي وتاريخ الانتاج وتاريخ انتهاء الصلاحية وعبارة صنع في مصر في حالة الانتاج المحلي واشتراطات التخزين والتداول.

3- البصل المجفف:

البصل المجفف حسب تعريف المواصفات القياسية المصرية هو ناتج تجفيف البصل الطازج تجفيفاً صناعياً بعد فصل قشرته الخارجية والساق القرصية والبصل المجفف المكبر هو الذي يعامل قبل التجفيف بغاز ثاني أكسيد الكبريت أو بغمر شرائحه أو قطعه أو مبشوره في محلول يحتوي على أحد أملاح حمض الكبريتوز.

ويجفف البصل على صور مختلفة فقد يكون على هيئة حلقات أو شرائح أو على صورة مسحوق أو مجزأ بأحجام مختلفة أو على صورة بصل مفتت. وتعتبر صناعة تجفيف البصل من الصناعات الرائجة والتي تحتل مكانة بارزة حيث أن أصناف البصل المصري تمتاز بصفات جودة عالية وخاصة البصل الصعيدى حيث ترتفع به نسبة المواد الصلبة والحريفة وكذلك تتوافر النكهة المتميزة القوية.

هذا وتتم عملية تجفيف البصل باتباع الخطوات التالية:

- (1) اختيار الصنف المناسب.

- (2) إجراء عملية الفرز لاستبعاد الثمار التالفة أو المصابة.
 - (3) إجراء عملية الغسيل ثم عملية التقشير سواء بالطريقة اليدوية أو باستخدام اللهب ويجب إزالة الجذور أو بقاياها وكذلك القمة وقد تجرى عملية التقشير أولاً ثم يليها بعد ذلك الغسيل
 - (4) تجهيز وإعداد البصل في الصورة التي سوف يجفف عليها ونظراً لرائحة البصل النفاذة فإن حجرة التقطيع يجب أن تزود بمصدر تهوية كما يجب الإسراع في عملية التقطيع والإعداد حيث أن طول فترة الإعداد يؤدي إلى زيادة نسبة الفقد في المواد الطيارة مما يؤثر على جودة البصل المجفف الناتج.
 - (5) إجراء عملية الفرز للتخلص من بقايا القشور وأي مواد أخرى غريبة أو أجزاء بصل لا تصلح للتجفيف.
 - (6) إجراء عملية الكبرة للمحافظة على اللون الأبيض المرغوب للبصل المجفف الناتج.
 - (7) يحمل البصل المكبرت على صواني التجفيف بمعدل رطل وربع للقدم المربع ويتم التجفيف على درجة حرارة 160° ف والأفضل أن تكون درجة الحرارة أقل من ذلك (135° ف) نظراً لحساسية المركبات المسؤولة عن النكهة والحراقة لدرجات الحرارة المرتفعة وقد يجفف البصل على مرحلتين بحيث تكون درجة الحرارة في المرحلة الأولى 160° ف وفي المرحلة الثانية 135° ف وتستمر عملية التجفيف حتى تنخفض نسبة الرطوبة في البصل إلى 4 - 6 % .
- وهذا وتحدد المواصفات القياسية المصرية بعض الاشتراطات والصفات العامة والخاصة للبصل المجفف نذكرها فيما يلي:

أولاً: الاشتراطات والصفات العامة:

- (1) يجب أن يكون محتفظاً بمعظم حرافته ونكهته عند اعادته إلى حالته الأصلية.
- (2) أن يكون متجانس اللون وأن يكون لونه أبيض مائل إلى الصفرة «عاجي» .
- (3) أن يكون خالياً من القشور والمواد الغريبة والأجزاء المحروقة أو داكنة اللون وأي رائحة غريبة أخرى والحشرات وأجزاءها.

- (4) يجب أن لا تزيد نسبة ثاني أكسيد الكبريت في البصل المجفف المكبرت على 500 جزء في المليون.
- (5) يجب أن لا تزيد نسب المعادن خاصة المعادن الثقيلة عن الحدود المسموح بها في المواد الغذائية طبقاً لقوانين وزارة الصحة.
- (6) يجب أن لا تزيد نسبة الرماد الكلي على 4٪ بالوزن.
- (7) يجب أن لا تزيد نسبة الرماد غير الذائب في الحمض على 0.1٪ بالوزن.
- (8) لا يزيد الجزء من الرماد غير القابل للذوبان في الماء الساخن على 20٪.
- (9) أن يكون العد الميكروبي للمنتج النهائي كما يلي:
 - أ - لا يزيد عدد الفطر على 1000 خلية في الجرام.
 - ب - لا يزيد عدد خلايا الخميرة على 1100 خلية في الجرام.
 - ج - لا يزيد عدد البكتريا الترموفيلية اللاهوائية التي تفرز غاز كبريتيد الايدروجين على 15 خلية/ 100 جرام.
 - د - لا يزيد عدد البكتريا الترموفيلية اللاهوائية التي لا تفرز غاز كبريتيد الايدروجين على 15 خلية/ 100 جرام.
 - هـ - أن يكون خالياً تماماً من بكتريا القولون النموذجي.
 - و - لا يزيد العدد الكلي للبكتريا على 300 ألف/جرام في المتوسط من البصل المجفف عند التحضين على درجة 32° م لمدة 48 ساعة.

ثانياً: الاشتراطات والصفات الخاصة:

- عند تجفيف البصل على هيئة حلقات أو شرائح يتم تقطيعه واعداده للتجفيف بسمك $\frac{1}{4} - \frac{1}{8}$ بوصة ويشترط أن يتوفر في الناتج المجفف المواصفات الآتية:
- (1) أن تكون الحلقات أو الشرائح قابلة للتقصف بسهولة مكونة حافة حادة عند موضع الكسر.
 - (2) لا تزيد نسبة الرطوبة فيها على 7٪.

(3) لا يمر 60٪ منها على الأقل من منخل قطر ثقوبه 16 مم ولا يزيد ما يمر منها من منخل قطر ثقوبه 12 مم على 5.٪ .

(4) أن يسترد الناتج المجفف شكله الأصلي تقريبا في فترة لا تتجاوز ثلاثين دقيقة بعد وضعه في ماء مغلي.

وبالنسبة للبصل المجفف الجزأ الكبير يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 16 مم ولا يزيد ما يمر منه على منخل قطر ثقوبه 12 مم على 5٪ وفي حالة البصل المجفف الجزأ المتوسط يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 12 مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 8 مم على 5٪ أما البصل المجفف الجزأ الصغير فيجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به أيضا على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 8 مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم على 5.٪ .

كما تنص المواصفات بالنسبة للبصل المجفف المفتت على أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم على 5.٪ .

وبالنسبة للبصل الجزأ غير المصنف يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة على 6٪ وأن لا يزيد مالا يمر منه من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم على 5٪ وأخيرا بالنسبة للبصل المجفف المسحوق تنص المواصفات على أن نسبة الرطوبة به يجب أن لا تزيد على 5٪ وأن يكون متدفقا يسهل سكه عند تفريغه من العبوة وأن لا يزيد مالا يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم على 5.٪ .

وتقرر المواصفات القياسية المصرية أيضا أنه يجوز انتاج البصل المجفف صناعيا بجميع أشكاله إذا كان محمضا على أن تكون له المواصفات القياسية التالية:

- (1) أن يكون ذا لون بني فاتح.
 - (2) أن يكون ذا رائحة طبيعية.
 - (3) أن يكون خاليا من البصل المحروق.
 - (4) أن لا تزيد نسبة الرطوبة في البصل الجزأ على 3.5٪ وفي البصل المسحوق على 4٪ .
- هذا ويدرج البصل المجفف الناتج بجميع أشكاله ما عدا المفتت إلى الرتبين الآتيتين:

(1) الرتبة الممتازة:

لاتزيد نسبة العيوب بها على 2٪ بالوزن والبصل المجفف المسحوق من هذه الرتبة يجب ألا تزيد نسبة ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم على 2٪ بالوزن.

(2) الرتبة القياسية:

لاتزيد نسبة العيوب بها على 7٪ بالوزن .

وتشمل العيوب المشار إليها في هذه الرتب الحروق والألوان الغريبة والأجزاء السوداء الناتجة عن عملية التجفيف سواء كان العيب كلياً أو جزئياً وأجزاء الحامل النوري (الحنبوط).

ومن ناحية التعبئة فإن العبوات يجب أن تكون سليمة ومتينة ونظيفة وجافة وخالية من الرائحة الغريبة ومحكمة القفل ويجب أن يوضح على العبوات البيانات التالية:

(1) عبارة بصل مجفف وشكله أو كلمة محمص إذا كان محمصاً.

(2) الرتبة.

(3) الحد الأعلى لنسبة الرطوبة.

(4) اسم المصدر أو المنتج وعلامته التجارية أو أحدهما.

(5) عبارة «انتاج ج. م. ع».

ويجب أن يخزن البصل المجفف بعد تعبئته في مخازن متهواة نظيفة جافة خالية من الحشرات والفطريات.

حسابات الكبريت والتجفيف:

(أ) حسابات عملية الكبريت:

تجرى عملية الكبريت كما سبق ذكره أما باستخدام غاز ثاني أكسيد الكبريت (ك₂) الناتج من حرق زهر الكبريت حيث يتم تعريض الثمار للغاز في غرف خاصة أو غمر الثمار في محلول أحد أملاح حمض الكبريتوز مثل كبريتيت الصوديوم (ص₂ ك₂ أ₃) أو ميتا كبريتيت الصوديوم (ص₂ ك₂ أ₅) أو خليط منهما وتتوقف مدة التعريض أو الغمر في

المحلول على التركيز المطلوب من غاز ثاني أكسيد الكبريت في المنتج. ولتوضيح حسابات هذه العملية نذكر المثال التالي:

إذا علمت أن:

أ - وزن المنتج المجفف 100 كجم .

ب- التركيز المطلوب من غاز كـب أ₂ في المنتج المجفف 500 جزء في المليون.

ج- نسبة الفقد في كمية كـب أ₂ اللازمة 25% .

د - كفاءة غرف حرق زهر الكبريت 60% .

فاحسب كمية زهر الكبريت - كبريتيت الصوديوم - ميتاكبريتيت الصوديوم اللازمة لإجراء عملية الكبرتة في كل حالة.

الحل:

1) كمية كـب أ₂ اللازمة:

10000000 جزء من المادة المجففة تحتوي على 500 جزء (كـب أ₂)

$$1000 \times 1000 \times 100 \text{ س}$$

$$\text{س} = \frac{500 \times 1000 \times 1000 \times 100}{10000000} = 50000 \text{ جزء في المليون}$$

$$50 = \text{جم كـب أ}_2$$

2) كمية كـب أ₂ اللازمة بعد حساب نسبة الفقد

كل 100 وحدة وزنية من كـب أ₂ يفقد منها 25

$$50 \text{ س}$$

$$\text{س (كمية كـب أ}_2 \text{ المفقودة)} = \frac{25 \times 50}{100} = 12.5 \text{ جم}$$

$$\text{كمية كـب أ}_2 \text{ اللازمة} = 12.5 + 50 = 62.5 \text{ جم}$$

$$\text{أو} = \frac{125 \times 50}{100} = 62.5 \text{ جم}$$

(3) كمية زهر الكبريت اللازمة:

$$\begin{array}{r} \text{كب} \frac{\text{عملية الحرق ك أ}_2}{\text{في وجود أ}_2} \\ 32 \longleftarrow 64 \end{array}$$

$$\text{س} \longleftarrow 62.5$$

$$\text{س (كمية زهر الكبريت)} = \frac{32 \times 62.5}{64} = 31.25 \text{ جم}$$

(4) كمية زهر الكبريت اللازمة تبعاً لكفاءة غرف الحرق

كل 100 وحدة وزنية من زهر الكبريت يحرق منها 60 .

$$\text{س} \longleftarrow 31.35$$

$$\text{س (كمية زهر الكبريت)} = \frac{100 \times 31.25}{60} = 52 \text{ جم تقريباً}$$

(5) كمية كبريتيت الصوديوم اللازمة:

$$\text{ص}_2 \text{ كب أ}_3 \text{ ————— كب أ}_2 + \text{ص}_2 \text{ أ}$$

$$126 \text{ ————— } 64$$

$$\text{س} \longleftarrow 62.5$$

$$\text{س (كمية كبريتيت الصوديوم المطلوبة)} = \frac{126 \times 62.5}{64} = 123 \text{ جم}$$

(6) كمية ميتا كبريتيت الصوديوم اللازمة:

$$\text{ص}_2 \text{ كب أ}_5 \text{ ————— 2 كب أ}_2 + \text{ص}_2 \text{ أ}$$

$$190 \text{ ————— } 128.8$$

$$\text{س} \longleftarrow 62.5$$

$$\text{س (كمية ميتا كبريتيت الصوديوم المطلوبة)} = \frac{190 \times 62.5}{128}$$

$$= 93 \text{ جم تقريباً}$$

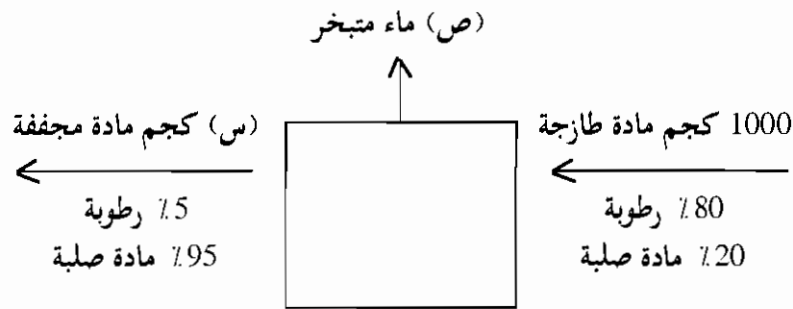
وهكذا نرى أن عملية الكبرتة لهذا المنتج تحتاج إلى 52 جم من زهر الكبريت أو 123 جم من كبريتيت الصوديوم أو 93 جم من ميتا كبريتيت الصوديوم.

2 - حسابات عملية التجفيف:

إذا كان المراد تجفيف طن مادة خام نسبة الرطوبة بها 80% بحيث تصبح نسبة الرطوبة في المنتج النهائي 5% - احسب وزن المادة الجافة الناتجة وكذلك نسبة التجفيف.

الحل:

يمكن إجراء الحسابات المطلوبة بتطبيق ميزان المادة كمايلي:



الميزان الإجمالي:

وزن المواد الداخلة إلى المجفف = وزن المواد الخارجة منه

1000 كجم مادة طازجة = (س) كجم مادة جافة + ص كجم بخار ماء.

ميزان المواد الصلبة:

وزن المواد الصلبة الداخلة = وزن المواد الصلبة الخارجة

$$\frac{ص \times صفر}{100} + \frac{س \times 95}{100} = \frac{20 \times 1000}{100}$$

$$20000 = 95 س$$

$$س (وزن المادة المجففة) = \frac{20000}{95} = 210.5 \text{ كجم}$$

نسبة التجفيف = وزن المادة الجافة : وزن المادة الطازجة

$$1000 : 210.5 =$$

$$4.75 : 1 =$$

المراجع

- Bhandari, B. R., Senoussi, A., Dumoulin, E. D., and Lebert, A. (1993). Spray Drying of Concentrated Fruit Juices. Drying Technol. II (5), 1.81 - 1092.
- Boersen, A. C. (1990). Spray Drying Technology J. Soc. Dairy Technol. 43 (1), 5-7.
- Charm, S. E. (1978). Dehydration of foods. In The Fundamentals of Food Engineering, S. E. Charm (Editor).AVI Publishing Co., Westport, Ct, pp. 298 - 408.
- Chung, D. S. and Chang, D. I (1982). Principles of food dehydration. J. Food Protect. 45 (5), 475 - 478 .
- Dalglish, J. (1990). Freeze – drying for the Food Industries. Elsevier Science Publishers, London.
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice. sec. ed. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC Cambridge. England.
- Furuta, T., Hayashi, H., and Ohashis, T. (1994). Some criteria of spray Dryer Design for Food Liquid. Drying Technol. 12 (112) 151 - 177.

- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science. 5th ed. Chapman & Hall, New York.
- Ryall, A. L. and Pentzer, W. T. (1982). Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. 2nd.ed. vol 2. AVI Publishing Co. Westport, CT.
- Weiser, H. H., Mountney, G. J., and Gould, W. A. (1971) Practical Food Microbiology and Technology. 2nd ed. AVI Publishing Co., Westport, CT.



الفصل السادس

الحفظ باستخدام درجات الحرارة العالية

الدكتور محمود على بخيت

الحفظ باستخدام درجات الحرارة العالية

مقدمة:

سبق وعرفنا أن الفضل في اكتشاف إمكانية حفظ الأغذية عن طريق معاملتها على درجات حرارة عالية يعود إلى صانع فني يدعي نيكولاس أبيرت وذلك في نهاية القرن السابع عشر أيام الحروب النابوليونية حيث أعلنت الحكومة الفرنسية عن جائزة لمن يستطيع ابتكار طريقة لحفظ الأغذية لفترات طويلة حتى يمكن تغذية الجيوش وقد نال هذا الصانع هذه الجائزة وكان قدرها 12 ألف فرنك حيث استطاع أن يحفظ الغذاء في أوعية زجاجية محكمة الغلق عن طريق معاملتها بالحرارة والجدير بالذكر أن الملاحظات التي توصل إليها هذا الصانع تم تفسيرها بعد ذلك عندما تم اكتشاف الأحياء الدقيقة ودورها ونشاطاتها ومن هذه الملاحظات تأثير نظافة المادة الغذائية على طول فترة الحفظ حيث أن الغسيل سوف يؤدي بالقطع إلى التخلص من عدد كبير من الأحياء الدقيقة كذلك لاحظ اختلاف الأغذية فيما بينها في قابليتها للحفظ بالإضافة إلى وجود علاقة بين زمن المعاملة ودرجة الحرارة المستخدمة. عموماً فإن الهدف من معاملة الغذاء على درجات الحرارة العالية هو القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة والمفسدة للغذاء وكذلك النشاط الإنزيمي وبالتالي يمكن حفظ الأغذية لفترات تختلف حسب مستوى المعاملة الحرارية المستخدمة.

مستويات المعاملة الحرارية المستخدمة مع الأغذية:

المستوى الأول:

معاملة الأغذية على درجة حرارة أقل من 100° م لمدة تختلف حسب درجة الحرارة المستخدمة وتسمى هذه المعاملة عادة بالبسترة Pasteurization وتجري على الأغذية المعبأة في عبوات محكمة القفل وتستخدم غالباً مع الأغذية السائلة مثل اللبن والشراب والعصائر

والمياه الغازية والخل وقطع الفاكهة المعبأة في المحاليل السكرية كما يمكن استخدامها مع المربى ومنتجات الطماطم. وعادة لا تستخدم البسترة كوسيلة حفظ منفردة وإنما في معظم الأحوال يكون معها عوامل مساعدة مثل إضافة المواد الحافظة أو قد يكون تركيز السكر في المادة الغذائية مرتفع بالإضافة إلى أن الغذاء يعبأ في عبوات محكمة القفل تمنع وصول الأحياء الدقيقة أو الأكسجين. هذا وتناسب عملية البسترة الأغذية التي قد تتأثر خواصها عند استخدام درجات الحرارة العالية أو عندما يكون الهدف هو القضاء على ميكروب مرضى معين مثل ميكروب السل في اللبن أو عندما تكون الأحياء الدقيقة المطلوب القضاء عليها غير مقاومة لدرجات الحرارة مثل الخمائر في عصائر الفاكهة وقد تستخدم أيضاً كوسيلة للقضاء على الميكروبات المنافسة بحيث تنجح الفرصة لنشاط الميكروبات المرغوبة التي تضاف بعد ذلك كما في صناعة الجبن.

وتتوقف مدة المعاملة الحرارية في حالة البسترة على درجة الحرارة المستخدمة وعلى هذا الأساس توجد البسترة البطيئة (LTLT) Low Temperature LongTime والبسترة السريعة (HTST) High Temperature Short Time والبسترة الخاطفة (Flash Pasteurization) وعلى سبيل المثال يستر اللبن بالطريقة البطيئة على درجات حرارة 62.8° م لمدة نصف ساعة وفي حالة الطريقة السريعة تتم العملية على درجات حرارة 71.7° م لمدة 15 ثانية وفي الطريقة الخاطفة تجرى على درجات حرارة 88° م أو 94° م أو 100° م لمدة ثانية واحدة أو 0.1 ثانية أو 0.01 ثانية على التوالي هذا ويجب مراعاة أن يتم تبريد الغذاء مباشرة بعد انتهاء عملية البسترة بأي من الطرق السابقة إلى درجة حرارة لا تزيد عن 10° م وذلك لمنع التأثير غير المرغوب للحرارة العالية على صفات الغذاء كما أن التبريد المفاجئ والسريع يسبب أيضاً قتل الميكروبات ويجب أن نعرف أنه كلما زادت درجة الحرارة المستخدمة وقل بالتالي زمن المعاملة كلما كان ذلك أفضل للمحافظة على صفات الجودة والقيمة الغذائية وتقليل التغيرات التي تحدث في نكهة الغذاء وكذلك الفقد الذي يحدث لبعض الفيتامينات وعموماً فإن درجة الحرارة المستخدمة وكذلك مدة الحفظ للغذاء المعامل تتأثر بحموضة الغذاء ويعبر عنها بدرجة الـ PH حيث أن الأغذية الحامضية يمكن بسترتها على درجات حرارة أقل من الأغذية غير الحامضية نظراً لأن الحموضة تساعد الحرارة في عملية القتل للأحياء الدقيقة - كما أنها تكون غير ملائمة لنمو ونشاط العديد من أنواع الميكروبات. وعموماً فإن عملية البسترة تعتبر وسيلة حفظ مؤقتة تؤدي إلى زيادة فترة صلاحية الغذاء إلى

عدة أسابيع أو عدة شهور حسب نوعه ودرجة الـ PH له ونوع الأحياء الدقيقة المفسدة له. هذا ويمكن قياس مدة كفاءة المعاملة الحرارية المستخدمة في عملية البسترة في القضاء على الميكروبات المرضية من خلال تقدير نشاط بعض الإنزيمات التي لها نفس المقاومة الحرارية مثل تقدير نشاط انزيم الفوسفاتيز في حالة اللبن وتقدير نشاط انزيم الألفا أميليز في حالة البيض السائل فإذا لم يظهر أي نشاط لهذه الإنزيمات فإن هذا يعني القضاء أيضاً على الميكروبات المرضية في هذه الأغذية.

وفيما يختص بكيفية إجراء عملية البسترة فإن ذلك يتوقف على حالة الغذاء إذا كان سائلاً أو على حالة شبه صلبة وعلى نوع العبوة المستخدمة. فمثلاً إذا كان الغذاء معبأً فسي زجاجات فإن الماء الساخن يستخدم عادة في عملية البسترة وذلك حتى لا يحدث تغير مفاجئ في درجة الحرارة قد يؤدي إلى حدوث صدمة حرارية مما يعرض الوعاء الزجاجي للكسر وعموماً فإن الفرق بين درجة حرارة الماء الساخن المستخدم والوعاء الزجاجي يجب أن لا يزيد عن 20° م أثناء التسخين و 10° م أثناء التبريد والبسترة بالماء الساخن قد تتم على وجبات أو بطريقة مستمرة والنظام البسيط المستخدم في حالة الوجبات يتكون من حمام مائي يتم فيه تسخين الغذاء المعبأ إلى درجة الحرارة المطلوبة ويترك عليها الفترة اللازمة ثم يدفع الماء البارد بعد ذلك لتبريد المنتج. وفي حالة الطريقة المستمرة يتكون النظام من قناة طويلة ضيقة مزودة بسير تحمل عليه العبوات التي تمر في القناة أثناء مرحلتَي التسخين والتبريد ويتم استخدام الماء الساخن والبارد في كل مرحلة على حدة وقد يتكون النظام المستخدم من نفق مقسم إلى عدة مناطق للتسخين وأثناء مرور العبوات أيضاً على سير متحرك يتم تسخينها بواسطة رذاذ دقيق جداً من الماء الساخن ترتفع درجة حرارته من منطقة إلى أخرى وهذا يعطي ارتفاع متدرج في درجة حرارة الغذاء حتى تمام عملية البسترة وبعد ذلك يتم التبريد برذاذ من الماء البارد أثناء استمرار مرور العبوات في النفق. هذا ويمكن تقليل التكلفة الاقتصادية لهذه العملية من خلال إعادة تدوير الماء المستخدم.

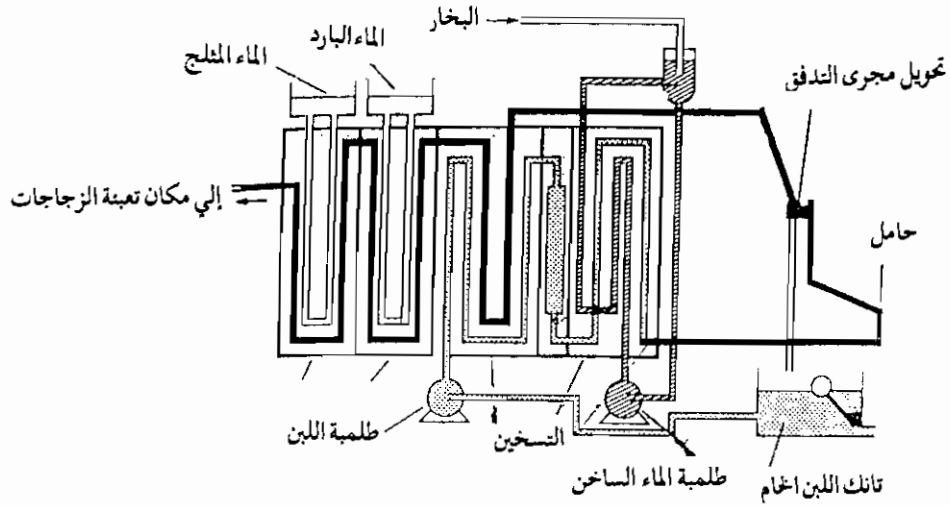
وفي تطور آخر لهذه العملية تستخدم أنفاق البخار التي تمتاز بسرعة التسخين وبالتالي تقليل زمن المعاملة وتزداد درجة الحرارة تدريجياً في مناطق التسخين من خلال

إنخفاض كمية الهواء في خليط البخار والهواء المستخدم وتتم عملية التبريد باستخدام رذاذ دقيق من الماء أو بالغمر في حمام مائي. وبالإضافة إلى العبوات الزجاجية يمكن أيضاً استخدام العبوات المعدنية والبلاستيكية ومعاملتها بخليط من البخار والهواء أو الماء الساخن.

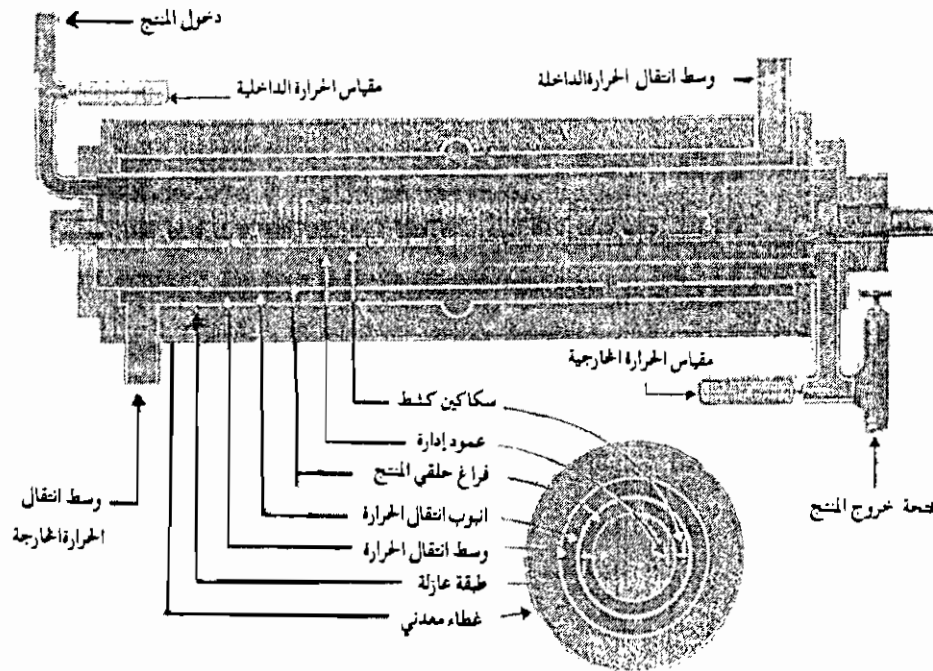
وفي كل الأحوال يجب أن يبرد الغذاء المبستر إلى درجة حرارة حوالى 40° م وذلك لتبخير الماء السطحي على جدران العبوة وبالتالي تقليل إمكانية حدوث صدأ خارجي في حالة العبوات المعدنية.

أما في حالة الأغذية السائلة غير المعبأة فيمكن بسترتها باستخدام المبادلات الحرارية ذات الألواح في حالة الأغذية السائلة قليلة اللزوجة مثل اللبن وعصائر الفاكهة والبيض السائل والبيرة والخمور. هذا النوع من المبادلات الحرارية يتكون من سلسلة من ألواح الصلب الرفيعة في وضع رأسي وترتبط مع بعضها بإطار معدني. الألواح تكون مع بعضها قنوات متوازية ومتعاقبة يندفع فيها الغذاء في اتجاه معاكس لوسط التسخين (الماء الساخن أو البخار) دون أن يحدث بينهما تلامس ويوجد في نهاية المبادل منطقة تبريد بالماء البارد. وفي حالة الأغذية السائلة ذات اللزوجة العالية مثل المايونيز والكاتشب وأغذية الأطفال تستخدم المبادلات الحرارية ذات الأنابيب متحدة المركز وهي تتكون من أنبوبة مزدوجة الجدران ويمر الغذاء خلال الأنبوبة بينما يمر وسط التسخين أو التبريد (البخار أو الماء البارد) في الجدار المزدوج.

وبعد ذلك يتم تعبئة الغذاء المبستر في العبوات المعقمة تحت ظروف معقمة. هذا ويجب ملاحظة أن بعض المنتجات مثل عصائر الفاكهة والخمور تحتاج أولاً إلى نزع الهواء الذائب فيها لمنع الأكسدة أثناء التسخين ويتم هذا عن طريق دفع هذه الأغذية السائلة على صورة رذاذ في حجرة تفريغ حيث يتم نزع الهواء بواسطة طلمبة تفريغ قبل إجراء عملية البسترة وشكل (34) و (35) يوضحان بعض أنواع المبادلات الحرارية المستخدمة.



شكل (34): المبادل الحراري ذو الألواح



شكل (35): المبادل الحراري ذو الأنابيب

المستوى الثاني:

معاملة الأغذية على درجات حرارة في حدود 100° م تحت الضغط الجوي العادي لمدة مناسبة تختلف حسب نوع الغذاء ولا نحتاج في هذه الحالة إلى معقمات تعمل تحت ضغط وتستخدم هذه المعاملة مع الأغذية الحامضية ذات درجات الـ PH الأقل من 4.5 وترقى هذه المعاملة الحرارية في تأثيرها على الأحياء الدقيقة إلى مستوى التعقيم وذلك لأن الحموضة تساعد الحرارة في القضاء على الميكروبات وبالتالي تزيد من كفاءة المعاملة الحرارية بالإضافة إلى عدم ملائمة الوسط الحامضي لإنبات ونمو الجراثيم التي قد تقاوم تأثير المعاملة الحرارية وجدول رقم (12) يوضح حدود درجة الـ PH لبعض المواد الغذائية الحامضية التي يمكن تطبيق هذا المستوى من المعاملات الحرارية عليها.

جدول (12) الأغذية المعلبة التي تقل درجة الـ PH بها عن 4.5

المادة المعلبة	درجة الحموضة (PH)		
	المتوسط	الحد الأقصى	الحد الأدنى
التفاح	3.4	3.7	3.2
المشمش	3.9	4.4	3.4
عصير العنب	3.2	3.7	2.9
عصير الليمون	2.5	2.8	2.3
عصير البرتقال	3.7	4.0	3.5
الخوخ	3.8	4.0	3.6
الكمثرى	4.1	4.4	3.6
الفراولة	3.4	3.9	3.0
البرقوق	3.8	4.0	3.6
الطماطم	4.3	4.6	4.1
عصير الطماطم	4.3	4.4	4.0
عجينة الطماطم	4.4	4.6	4.2

المستوى الثالث:

معاملة الأغذية على درجات حرارة أعلى من 100° م وهذه المعاملة لا بد أن تتم في حيز مغلق تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي العادي حتى يمكن الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة ولهذا نحتاج في هذه الحالة إلى المعقمات وتطبق هذه المعاملة على الأغذية غير الحامضية ذات درجة الـ PH التي تساوي أو تزيد عن 4.5 وجدول رقم (13) يوضح حدود درجات الـ PH لبعض هذه الأغذية.

جدول (13) الأغذية المعلبة التي تزيد درجة الـ PH بها عن 4.5

المادة المعلبة	درجة الحموضة (PH)		
	المتوسط	الحد الأقصى	الحد الأدنى
الفاصوليا الخضراء	5.4	5.7	5.2
فاصوليا باللحم	5.6	6.0	5.0
الجزر	5.2	5.4	5.0
التين	5.0	5.0	5.0
المشروم	5.8	5.9	5.8
البسلة	6.2	6.3	6.0
السبانخ	5.4	5.9	5.1
البطاطا	5.2	5.4	5.1
البطاطس	5.5	5.6	5.4
القرع العسلي	5.1	5.2	4.8
الذرة في محلول ملحي	6.3	6.8	6.1
عجينة الذرة	6.1	6.3	5.9

هذا ويطلق على هذه المعاملة الحرارية عملية التعقيم وتعتبر من طرق الحفظ المستديمة حيث تتراوح فترة الصلاحية للإستهلاك بالنسبة للأغذية المعقمة بين 1 - 5 سنوات.

ونظراً لاستخدام العلب الصفيح كعبوات للمادة الغذائية فإنه من المعتاد أن يطلق على هذه الطريقة مسمى الحفظ بالتعليب.

وعلى هذا يمكن القول أن عملية التعليب تعتبر طريقة لحفظ الأغذية باستخدام درجات حرارة عالية تؤدي إلى القضاء على الميكروبات المرضية والمفسدة للغذاء مع عدم التأثير على خواصه الطبيعية والكيميائية قدر المستطاع وذلك في أوعية محكمة القفل ومفرغة من الهواء.

هذا وتبدأ عملية حفظ الغذاء بهذه الطريقة بالخطوات السابق ذكرها في عملية إعداد الأغذية (الفصل الثالث) من حيث اختيار الصنف المناسب للتعليب ثم باقي الخطوات حتى الوصول إلى عملية السلق ثم الفرز النهائي لاستبعاد الثمار أو أجزائها التي قد تكون تعرضت للتلف أثناء خطوات الإعداد. بعد ذلك تبدأ خطوات عملية التعليب والتي نذكرها فيما يلي:

التعبئة في العلب الصفيح:

توجد العلب الصفيح المستخدمة بأنواع ومقاسات مختلفة لكي تناسب المواد الغذائية على اختلاف أنواعها وهي مقاسات دولية متعارف عليها ويعبر عنها بأرقام معينة فمثلاً العلبه رقم (1) تكون سعتها 270 جم والعلبه رقم (2) سعتها 500 جم والعلبه رقم (10) سعتها 2700 جم وعادة يطلى السطح الداخلي للعلبه بماده ورنيشية تسمى الـ Enamel وذلك أثناء تصنيع الألواح الصفيح وهي عبارة عن مواد عضوية صناعية وذلك بهدف منع حدوث أي تفاعلات بين مكونات المادة الغذائية ومعدن العلبه ويختلف نوع هذه الماده الـ ورنيشية حسب نوع الغذاء فهناك مثلاً الـ Enamel L الذي يستخدم مع الأغذية الحامضية مثل منتجات الطماطم وعصائر الموالح لتفادي تأثير الحموضة على معدن العلبه وكذلك الـ Enamel C وهو يستخدم مع الأغذية المحتوية على الكبريت مثل البقوليات واللحوم والأسماك والكربن والقرنبيط حيث أن هذه الأغذية ينتج عنها كبريتور الأيدروجين الذي يتفاعل مع جدار العلبه في حالة وجود أي جزء غير مغطي بالقصدير ويتكون كبريتور الحديد ذو اللون الأسود وقد أصبح موجوداً الآن عدة أنواع من الـ Enamel C لتناسب كل نوع من الأغذية حيث يوجد الـ Fish enamel C لتعبئة الأسماك و الـ Meat enamel C لتعبئة اللحوم وكذلك الأمر بالنسبة لإنامل الـ L. عموماً فإن الماده الـ ورنيشية المستخدمة لا بد أن تتوافر فيها الشروط الآتية:

- 1 - لا تؤثر على صفات المادة الغذائية ولا تتفاعل معها .
- 2- لها المقدرة على منع حدوث أي تفاعل بين معدن العلبة ومكونات المادة الغذائية.
- 3- تتحمل درجة حرارة التعقيم ولا تتعرض للتقشير أثناء تداول العلب.
- 4 - مأمونة الاستخدام من الناحية الصحية ومصرح باستخدامها من قبل الجهات المسؤولة.
- 5- سهلة الاستخدام منخفضة الثمن.

هذا ويتم عملية التعبئة في العلب عادة بالطرق الآلية حيث تنقل العلب بواسطة سير متحرك حتى تصل إلى آلة التعبئة وتدور العلب بواسطة قرص متحرك وأثناء دورانها يتم ملأها إما بوزن ثابت أو حجم ثابت وعموماً يتم ملء العلبة بالمادة الغذائية بحيث يترك فراغ علوي يسمى الفراغ الرأسي Head space يعادل 10% من حجم العلبة.

إضافة محلول التعبئة:

عادة تعبأ الخضروات في محلول ملحي تركيزه 2% باستثناء البسلة التي تعبأ في محلول ملحي تركيزه 2% وقد يضاف محلول سكري تركيزه 1% وذلك لتحسين طعمها واكسابها الطعم السكري المرغوب أما الفاكهة فإنها تعبأ في محاليل سكرية يختلف تركيزها باختلاف درجة الجودة حيث يتراوح بين صفر% لدرجة الماء أو الفطير Water or pie grade إلى 55% في الدرجة الممتازة Fancy grade . ويجب أن تكون مكونات هذه المحاليل (السكر أو الملح أو الماء) على درجة عالية من النقاوة وخالية من الشوائب المعدنية حيث أن شوائب الحديد تسبب تلون المحلول أو المادة الغذائية باللون الأسود نتيجة التفاعل بينها وبين التانينات في المادة الغذائية. وشوائب المنجنيز تسبب تغير طعم الخضروات وكذلك أملاح الكالسيوم تؤدي إلى تصلب الأنسجة. وبالنسبة للماء المستخدم في تحضير هذه المحاليل يجب أن يكون خالياً من العسر وتنطبق عليه مواصفات ماء الشرب.

وعادة يتم تحضير هذه المحاليل في خزانات كبيرة مزودة بمقلبات ثم ينقل المحلول خلال أنابيب خاصة إلى حيث تتم عملية التعبئة ونظراً لتعرض هذه الخزانات والأنابيب للتآكل بتأثير الملح فإن الطرق الحديثة تعتمد على استخدام الملح في صورة كرات أو أقراص يتم اضافتها لكل علبة مع الماء بحيث تعطى التركيز المطلوب. هذا وتتراوح نسبة المحلول المضاف بين 40 - 45% من الوزن الصافي لمحتويات العلبة بينما تمثل المادة الغذائية المعبأة 55 - 60% من

الوزن الصافي . هذا وهناك بعض المواد الغذائية التي تحتاج أنواع خاصة من محاليل التعبئة مثل الزيت في حالة السالمون والتونة والمنتجات المشابهة كذلك الصلصة في حالة الخضار باللحم وهكذا.

إجراء عملية التسخين الابتدائي:

الهدف من هذه العملية طرد الهواء الموجود في الفراغ العلوي للعلبة وكذلك الموجود في أنسجة المادة الغذائية والغازات الذائبة في المحلول واحلال بخار الماء بدلا من ذلك ويتم بتسخين العلب بعد وضع الغطاء عليها بدون احكام إلى حوالي 95° م أو (180 - 200° ف) بالماء الساخن أو البخار. وعملية طرد الهواء من داخل العلبة تحقق عدة أغراض هي:

(1) عدم وجود الهواء يجعل الوسط داخل العلبة غير ملائم لنشاط جراثيم الأحياء الدقيقة الهوائية التي قد تقاوم تأثير درجة حرارة التعقيم.

(2) عدم وجود الهواء يوفر الحماية للمادة الغذائية من تفاعلات الأكسدة التي تؤدي إلى فقد بعض الفيتامينات خاصة حمض الأسكوربيك (فيتامين ج).

(3) وجود تفريغ داخل العلبة نتيجة طرد الهواء يقلل من الضغط الداخلي في العلبة أثناء عملية التعقيم وبالتالي يمنع انفجارها أو تشوه شكلها حيث أنه أثناء المعاملة الحرارية للعلب داخل المعقم تتعرض إلى نوعين من الضغط، ضغط داخلي وهو عبارة عن ضغط بخار الماء الناتج من غليان محلول التعبئة وضغط خارجي عبارة عن ضغط بخار التعقيم ويجب ألا يزيد الفرق بين الضغط الداخلي والخارجي عن 15 رطل على البوصة المربعة وإلا تعرضت العلب للانفجار وهكذا نرى أنه في حالة عدم طرد الهواء من داخل العلبة فإن الضغط داخلها يتكون في هذه الحالة من ضغط بخار الماء الناتج من غليان محلول التعبئة بالإضافة إلى ضغط الهواء الموجود بينما لا يقابل ذلك من خارج العلبة إلا ضغط بخار التعقيم فقط وهكذا يمكن أن يزداد الفرق بين الضغطين الداخلي والخارجي الأمر الذي قد يعرض العلب للانفجار أو التشوه.

وأحيانا يضاف محلول التعبئة وهو يغلى وفي هذه الحالة يمكن الاستغناء عن عملية التسخين الابتدائي حيث أن البخار الناتج يطرد الهواء ويحل محله كذلك يمكن طرد الهواء من العلبة عن طريق إجراء عملية القفل تحت تفريغ أو إجراء عملية القفل في جو من

البخار الذي يعمل على طرد الهواء ويحل محله. وعموماً فإن سلامة هذه الخطوة وكفاءتها في تحقيق الهدف منها يتوقف إلى حد كبير على اتمام الخطوة التالية وهي عملية القفل المزدوج على وجه السرعة وبدقة وإحكام.

عملية القفل المزدوج:

كما سبق ذكره فإن عملية القفل للعلب يجب أن تتم مباشرة فور إجراء عملية التسخين الابتدائي وقبل أن تنخفض درجة حرارة العلب حتي لا يتسرب الهواء إليها مرة أخرى. هذا ويتم تركيب غطاء العلبة باستخدام ماكينات خاصة. وتعتبر هذه الخطوة من الخطوات الهامة والمسئولة عن نجاح العملية التصنيعية ككل حيث أن وجود أي تنفيس في العلبة نتيجة عدم احكام القفل سيؤدي بالطبع إلى تلوث محتوياتها نتيجة دخول الهواء المحمل بكل أنواع الأحياء الدقيقة وبالتالي يؤدي إلى فسادها.

المعاملة الحرارية:

المعاملة الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية المعلبة لفترات طويلة يطلق عليها عادة عملية التعقيم Sterilization وهذا الاصطلاح يقصد به القضاء الكامل على كل صور الحياة في البيئة المطلوب تعقيمها سواء الخلايا الخضرية للأحياء الدقيقة أو جراثيمها. ونظراً لأن بعض جراثيم البكتيريا تقاوم الحرارة بدرجة عالية فإن القضاء عليها يتطلب معاملة حرارية على درجة 121° م لمدة 15 دقيقة أو أى معاملة أخرى تعادلها في التأثير القاتل وتعرف هذه المعاملة بالتعقيم البكتريولوجي وفي حالة تعقيم علبة تحتوي على غذاء فإن حجم العلبة ومعدل انتقال الحرارة خلال جزيئات المادة الغذائية يؤثر على كفاءة المعاملة الحرارية وقد يؤدي إلى إطالة الوقت اللازم لتعقيم كل جزيئات الغذاء في العلبة الأمر الذي يؤدي إلى إتلاف جودة الغذاء إلى درجة يصبح معها غير صالح للاستهلاك ولهذا فإن التعقيم البكتريولوجي لا يصلح للاستخدام مع الأغذية وإنما يستخدم بدلاً منه التعقيم التجاري Commercial sterilization ويعرف بأنه درجة التعقيم التي تحقق القضاء على كل الأحياء الدقيقة الممرضة والمنتجة للسموم وكذلك تلك التي يمكنها إحداث الفساد في الغذاء تحت ظروف التداول والتخزين المعتادة وبالتالي فإن الأغذية المعقمة بهذه الطريقة ربما تحتوي على عدد صغير من جراثيم البكتيريا المقاومة للحرارة ولكنها تكون غير قادرة على النمو والتكاثر في

الغذاء تحت الظروف اللاهوائية السائدة داخل العلبة ولكنها إذا عزلت من الغذاء وتم توفير الظروف البيئية الملائمة لنموها من احتياجات هوائية وحرارية فإنها تنمو وتتكاثر.

ويمكن للأغذية المحفوظة بالتعقيم التجاري أن تحتفظ بصلاحياتها لفترة طويلة تزيد عن سنتين وما يحدث فيها من تغيرات يكون في القوام أو الطعم أو الرائحة والتي يكون سببها حدوث بعض التفاعلات الكيميائية بين مكونات المادة الغذائية وبعضها. وعلى أساس ما سبق فإن المعاملة الحرارية المثالية المطلوبة هي التي تكفل خلو الغذاء من أي نشاط للأحياء الدقيقة الممرضة أو المنتجة للسموم أو المفسدة وتحقق فترة الصلاحية المناسبة ولا تحدث تأثيراً سلباً على صفات الجودة للغذاء والزمن اللازم لهذه المعاملة الحرارية يتأثر بعدة عوامل نذكرها فيما يلي:

1- نوع الغذاء حيث أن التركيب الكيميائي للغذاء يتحكم في نوعية الأحياء الدقيقة التي يمكنها إحداث الفساد كما أن تركيب بعض الأغذية قد يوفر الحماية لبعض أنواع الأحياء الدقيقة بينما قد يساعد الحرارة في عملية القتل كما في حالة الأغذية الحامضية.

2- درجة حرارة التعقيم المستخدمة حيث كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما قل زمن المعاملة الحرارية وهذا يؤدي إلى الحصول على منتجات ذات جودة أفضل ولا يظهر بها الطعم المطبوخ.

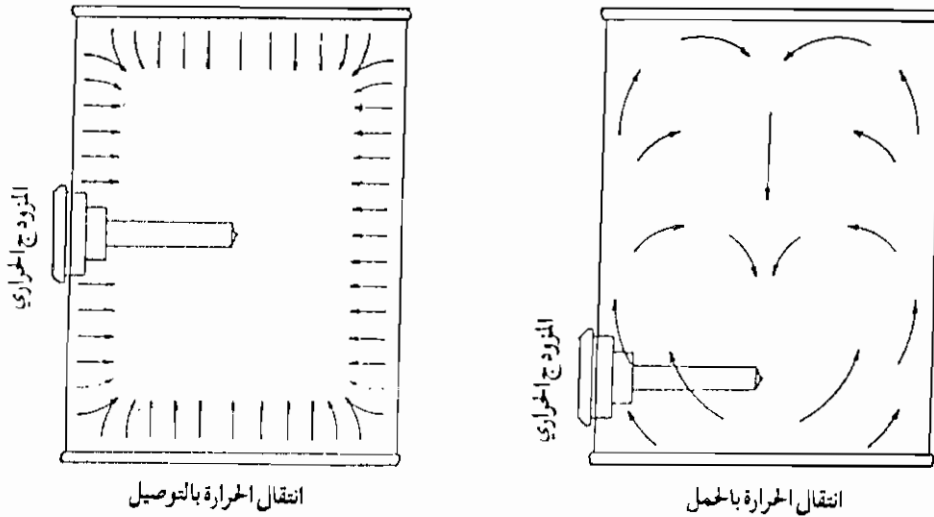
3- درجة الحرارة الابتدائية: وهي عبارة عن درجة حرارة العلب في بداية عملية التعقيم حيث أن حسابات زمن التعقيم تأخذ في اعتبارها أبرد نقطة داخل المعقم لحظة فتح البخار وهي تعتبر أبرد نقطة في أول علبة دخلت المعقم حيث تكون درجة حرارتها منخفضة عن آخر علب دخلت المعقم وهكذا فإن المعقم لحظة فتح البخار يحتوي على علب درجة حرارتها منخفضة عن درجة الحرارة عند القفل المزدوج وهي أول علب وضعت في المعقم وعلبه درجة حرارتها مساوية تقريباً لدرجة الحرارة عند القفل المزدوج وهي آخر وعلب وضعت في المعقم وباقي العلب تختلف درجة حرارتها حسب أسبقية وضعها في المعقم وكلما زاد حجم المعقم وزادت فترة ملء المعقم بالعلب يزداد انخفاض درجة الحرارة الابتدائية للعلب عن درجة حرارتها عند إجراء عملية القفل المزدوج وكلما انخفضت درجة الحرارة الابتدائية كلما زادت الفترة الزمنية اللازمة لوصول أبرد

نقطة في المعقم إلى درجة حرارة التعقيم المستخدمة وتسمى هذه الفترة Holding time أو Come - up time وهذه الفترة يجب أن تكون في أقل الحدود الممكنة وذلك للمحافظة على جودة الغذاء لأن زيادة هذه الفترة سوف تؤدي بالتالي إلى زيادة زمن التعقيم حتى تأخذ أبرد علبة في المعقم وحدة التعقيم المطلوبة وفي هذه الحالة فإن آخر علبة وضعت في المعقم سوف تتعرض لمعاملة حرارية أكثر من المطلوب لها وبالتالي تحدث فروق في جودة الغذاء المعبأ في الوجبة الواحدة. ولذلك لا بد من مراعاة أن يكون حجم المعقم متناسباً مع الطاقة الإنتاجية للمصنع بحيث لا يزيد حجمه كثيراً عن طاقة الإنتاج الأمر الذي يؤدي إلى الانتظار حتى يتم ملأه بالعلب مما يؤدي إلى حدوث تفاوت كبير في درجات حرارة العلب كذلك تفضل المعقمات التي يمكن ملأها بسهولة وبسرعة ويجب أن تجرى عملية التعقيم بمجرد الانتهاء من عملية القفل المزدوج.

4- حجم العلبة: وهو يؤثر أيضاً على درجة الحرارة الابتدائية ويمكن القول أن زمن التعقيم يتناسب طردياً مع قطر العلبة حيث أن زيادة حجم العلبة يعني طول المسافة بين جدار العلبة ومركزها وبالتالي تزداد الفترة اللازمة لانتقال الحرارة من الجدار إلى المركز الذي يعتبر أقل أجزاء العبوة تعرضاً للحرارة وبالتالي يعتبر آخر جزء في العبوة يصل إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة ولهذا نجد أنه في حالة العلب كبيرة الحجم توجد فروق في المعاملة الحرارية التي يتعرض لها الغذاء داخل العلبة الواحدة مما يؤثر على صفات الجودة وبالتالي فإن الأغذية التي تتأثر جودتها بدرجة الحرارة لا تعقم في عبوات كبيرة الحجم وإنما يستخدم في تعقيمها عبوات صغيرة الحجم كما في حالة أغذية الأطفال وخاصة الألبان المجففة حيث تنفادى في هذه الحالة وجود فرق كبير بين درجة حرارة مركز العلبة ودرجة حرارة التعقيم.

5- طبيعة انتقال الحرارة داخل المادة الغذائية حيث أن الحرارة تنتقل داخل المواد بعدة طرق مثل الحمل في حالة السوائل أو التوصيل في حالة المواد الصلبة. وعموماً فإن معظم الأغذية المعلبة يكون انتقال الحرارة فيها بالطريقتين ولكن بمعدل يختلف حسب كمية السائل وكمية الجزء الصلب. فمثلاً في حالة الأغذية السائلة مثل العصائر فإن الحرارة تنتقل أولاً بالتوصيل من خلال جدار العلبة إلى الغذاء ثم تنتقل داخل الغذاء بالحمل حيث يتحرك الجزء الساخن إلى أعلى حيث تقل كثافته لزيادة حجمه نتيجة التمدد

ويحل محلله الجزء البارد وهكذا تحدث حركة دائرية وتقليب للغذاء السائل وهذا يسرع من ارتفاع درجة حرارة محتويات العلبة ولذلك نجد أن أبرد نقطة في العبوة تكون في الجزء السفلي منها أسفل المركز الهندسي بقليل بينما في حالة الأغذية الصلبة مثل مفروم اللحم البقري فإن طبيعة الغذاء لا تسمح بحدوث دوران للمكونات وإنما يحدث التسخين بالتوصيل من خلال انتقال الحرارة من جزء إلى آخر بالتلامس وأبرد نقطة في العبوة تكون في المركز الهندسي للجزء المملوء، أما في حالة الأغذية المحتوية على وسط سائل وهو محلول التعبئة ووسط صلب يتكون من قطع الخضار أو الفاكهة فإن انتقال الحرارة يحدث بالطريقتين معاً الحمل من حركة المحلول والتوصيل من خلال جزئيات الفاكهة أو الخضار. وحيث أن انتقال الحرارة بالحمل أسرع من انتقالها بالتوصيل فإنه تحت ظروف تسخين واحدة فإن الأغذية السائلة تماماً مثل العصائر ترتفع درجة حرارتها أسرع يليها الأغذية التي يختلط فيها السائل بالصلب وأخيراً الأغذية الصلبة وبالتالي سوف يختلف تبعاً لذلك زمن التعقيم. وفي جميع الأحوال لابد أن تأخذ أبرد نقطة في العبوة (cold point) الموضحة في شكل (36) الوقت الكافي للوصول إلى درجة التعقيم المطلوبة وأن تظل على هذه الدرجة طوال زمن التعقيم المحدد وهذا يعنى بالتالي أن باقي أجزاء المادة الغذائية في العبوة قد أخذت كفايتها من المعاملة الحرارية.



شكل (36): المنطقة ذات درجة الحرارة الأقل في العبوة "cold point"

مما سبق نرى أن المعاملة الحرارية اللازمة لحفظ الأغذية المعلبة تتكون من شقين هما الزمن ودرجة الحرارة ويتم تقدير الزمن اللازم لمعاملة نوع معين من الأغذية على درجة حرارة معينة من خلال تحديد مدى مقاومة جراثيم البكتيريا لهذه الدرجة من الحرارة وإذا أمكن القضاء على أكثر هذه الأنواع مقاومة للحرارة فإن هذا يعني القضاء على الأنواع الأخرى الأقل في مقاومتها لدرجة الحرارة المستخدمة. ويعتبر ميكروب *Clostridium botulinum* وجراثيمه أكثر أنواع الأحياء الدقيقة الضارة والخطيرة على صحة الإنسان نظراً لما ينتجه من سموم كما أنه يستطيع النمو في الأغذية المعلبة تحت الظروف اللاهوائية السائدة في العلبة المحكمة القفل. وقد أمكن حديثاً الوصول إلى أنواع أخرى من البكتيريا أكثر مقاومة للحرارة من هذا الميكروب ولكنها غير ممرضة وغير مفرزة للسموم وبالتالي إذا أمكن القضاء عليها من خلال معاملة حرارية معينة فإن هذا يعني بالضرورة القضاء على كل الأنواع الأخرى بما فيها ميكروب *Clostridium botulinum* وجراثيمه عموماً فإن تحديد مدى مقاومة جراثيم البكتيريا لدرجة حرارة معينة يتم من خلال الحصول على ما يسمى منحنى القتل أو الهلاك الحراري Thermal Death Time حيث تستخدم عبوة الغذاء المعبأة بغذاء معين وتلفح بمعلق الجراثيم وتعامل حرارياً باستخدام معقمات خاصة لمدة مختلفة على درجة حرارة معينة ويتم من خلال هذه التجربة تحديد الفترة الزمنية اللازمة للقضاء على الجراثيم على هذه الدرجة من الحرارة ومع تكرار التجربة على درجات حرارة مختلفة ومدد مختلفة يمكن من خلال البيانات المتحصل عليها رسم منحنى القتل الحراري الذي يوضح العلاقة بين درجة الحرارة والزمن ويجب ملاحظة أن هذه العلاقة سوف تختلف حسب نوع الغذاء وحجم العلبة .

بالإضافة إلى ذلك لابد من تقدير معدل نفاذية الحرارة داخل المادة الغذائية وهذا المعدل يختلف حسب نوع الغذاء وطريقة انتقال الحرارة بالحمل أو التوصيل أو بالانتشار معاً ومن خلال ذلك يمكن تحديد الزمن اللازم للوصول أقل أجزاء العبوة تعرضاً للحرارة لدرجة التعقيم المطلوبة ويتم ذلك عن طريق استخدام جهاز المزدوج الحراري Thermocouple الذي يتم توصيله بأبرد نقطة في أول علبة توضع في المعقم ثم يتم ملأ المعقم ثم يفتح البخار ويقوم الجهاز بتسجيل درجات حرارة هذه النقطة (cold point) مقابل الزمن فنحصل على بيانات يمكن من خلالها الحصول على منحنى آخر هو منحنى النفاذ الحراري Heat penetration curve . ومن خلال البيانات المتحصل عليها من هذه التجارب والتقدير

يتم حساب الزمن اللازم لتعقيم الغذاء المعبأ على درجة حرارة معينة ويبدأ حساب الزمن المطلوب بدءاً من وصول درجة حرارة المعقم إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة.

التبريد المفاجئ:

بعد انتهاء عملية التعقيم يتم تبريد العلب باستخدام الماء البارد حيث تنمر الأقفاس الحاملة لها في قنوات خاصة أو قد توضع في مكان متسع ويتم رشها برذاذ من الماء إلى أن تنخفض درجة حرارتها إلى حوالي 40° م وتستهلك الحرارة المتبقية في العلب بعد التبريد في تبريد قطرات الماء العالقة بها حتى لا تتعرض العلب للصدأ. وتعتبر عملية التبريد مكتملة لعملية التعقيم حيث أن جزء كبير من الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة والتي قد تقاوم درجة حرارة التعقيم المستخدمة يتعرض للموت أثناء التبريد بتأثير الصدمة الحرارية Heat shock. وكلما كان التبريد سريعاً كلما زادت نسبة الأحياء الدقيقة التي تموت بتأثير الصدمة الحرارية. بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التبريد تؤدي أيضاً إلى وقف تأثير الحرارة على محتويات الغذاء بعد انتهاء عملية التعقيم حتى لا يحدث طبخ زائد للمنتج المعبأ. هذا ويجب أن يكون الماء المستخدم في عملية التبريد نظيفاً ويفضل أن يضاف له مادة مطهرة مثل الكلور حتى لا يصبح مصدراً لتلوث العلب حيث أن طبقة الكاوتشوك الموجودة بالغطاء والقاع لاحكام القفل تكون مازالت على صورة سائلة بتأثير درجة الحرارة وبالتالي يصبح هناك احتمال لدخول قطرات بسيطة من الماء خلال غطاء العلبة قبل أن يبرد الكاوتشوك ويسد الفراغ. والجدير بالذكر أن عملية التبريد يمكن إجرائها للعلب داخل المعقم نفسه بعد انتهاء عملية التعقيم وفي هذه الحالة يجب أن تكون المعقمات المستخدمة مزودة بأنابيب لدخول ماء التبريد وأخرى لخروجه وكذلك أنابيب لدخول هواء مضغوط لمعادلة الانخفاض في الضغط حول العلب نتيجة تكثيف البخار المحيط بها وإلا تعرضت العلب للانفجار خاصة الكبيرة في الحجم.

التخزين للاختبار:

بعد انتهاء عملية التبريد يتم تخزين العلب في مخازن جافة ومهواة على درجة حرارة مناسبة لمدة حوالي أسبوعين وهي فترة حضانة كافية لنمو أي ميكروب من الميكروبات المفسدة التي قد تكون موجودة داخل العلبة نتيجة قصور عملية التعقيم في القضاء على كل

الأحياء المفسدة لأي سبب من الأسباب وهكذا يمكن في حالة ظهور أى من أنواع الفساد في الأغذية المعلبة والتي سيأتي ذكرها فيما بعد تدارك الأمر وتتبع العملية لمعرفة سبب الفساد وعادة يتم اعدام الوجبة التي يظهر فيها الفساد حتى لو كان ظهوره في علبه واحدة منها وذلك تأميناً لصحة المستهلك.

الإعداد للتسويق:

تشمل هذه الخطوة لصق البطاقات على جدار العلب ويجب أن تحمل البطاقات البيانات الكافية التي توضح نوع المنتج ووزنه الصافي ومكوناته وأي مواد أخرى مضافة واسم المنتج وعلامته التجارية وتاريخ الإنتاج وتاريخ انتهاء الصلاحية ثم تعبأ العلب في صناديق من الكرتون بمعدل 12 أو 24 أو 48 علبه حسب حجم العلب.

هذا وقد أمكن حديثاً إنتاج أنواع جديدة من العبوات عبارة عن عبوات مرنة ورقيقة حجمها صغير وكذلك وزنها بالمقارنة بالعلب كما أنها تحيط تماماً بالغذاء وبهذا لا نحتاج إلى اضافة محلول إلى العبوة للمساعدة في زيادة معدل انتقال الحرارة. وتتكون هذه العبوات من ثلاث طبقات الخارجية منها عبارة عن بولي استر Poly ester وهي مقاومة للتمزق والوسطى عبارة عن Aluminium foil والداخلية عبارة عن بولي ايثيلين Poly ethylene ذو كثافة عالية وهي تساعد على قفل العبوة حرارياً. ويتم تعقيم هذه العبوات في معقمات خاصة بعد تعبئتها بالمادة الغذائية والزمن اللازم للمعاملة الحرارية في هذه الحالة يمثل فقط حوالي $\frac{1}{3}$ الزمن اللازم في حالة استخدام العلب الصفائح. وتقترب جودة المنتجات المعلبة بهذه الطريقة من جودة الأغذية المجمدة. وعادة يتم حماية هذه الحافظات باستخدام طبقة كارتون من الخارج وفي هذه الحالة تصل فترة الصلاحية إلى سنتين على الأقل.

ولكن يعيب هذه الطرق ارتفاع التكلفة مقارنة بالتعليب في العلب الصفائح وعموماً فقد تم انتاج معلبات خضروات ومنتجات لحوم وسجق بدرجات جودة عالية باستخدام هذه الطرق.

التعليب المنزلي:

يمكن إجراء عملية التعليب لبعض الأغذية في المنازل باستخدام البرطمانات الزجاجية التي يمكن احكام قفلها ولكن لا بد لمن يقوم بهذه العملية أن يكون على دراية كافية حيث أن الأغذية المعلبة منزلياً تعتبر هي المسئولة عن 90% من حالات التسمم البوتيوليني

Potulism في العالم خلال الـ 70 عاما الأخيرة وقد كانت هناك 5 حالات وفاة سنويا نتيجة تناول معلبات منزلية لم تعد بطريقة صحيحة خلال العشرين سنة الأخيرة. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار أن استخدام الماء المغلي (100°م) في تعقيم المعلبات لا يكفي إلا في حالة الأغذية الحامضية فقط وأحيانا يتم خلط نوعين من الغذاء أحدهما حامضى والآخر غير حامضى مثل الصلصة واللحم وفي هذه الحالة لا تكفي درجة حرارة غليان الماء وإنما يجب استخدام المحاليل الملحية في حالة تعقيم برطمانات تحتوي على أغذية غير حامضية حيث ترتفع درجة حرارة هذه المحاليل عن 100°م حسب التركيز فمثلا محلول كلوريد صوديوم مشبع (26.5٪) يغلي على درجة حرارة 108°م ومحلول كلوريد كالسيوم مشبع (42.6٪) يغلي على درجة حرارة 119°م ولا بد من الاهتمام جيدا باحكام قفل البرطمانات ويجب عدم استخدام الأفران في عملية التعقيم حيث أن ذلك يؤدي إلى انفجار البرطمانات حيث يزداد الضغط الداخلي الناتج من غليان محلول التعبئة ولا يقابله ضغط خارجي مناسب. وبالإضافة إلى ذلك يجب استخدام أغذية عالية الجودة حيث أن بعض التقارير أشارت إلى حدوث تسمم بوتوليوني من طماطم معلبة رغم أنها من الأغذية الحامضية التي لا تناسب نمو ميكروب *Clostridium botulinum* ولكن وجود عدد كبير من الأحياء الدقيقة في الطماطم التالفة يؤدي إلى تغير درجة الـ PH بحيث تصبح مناسبة لنمو الميكروب وإنتاج السموم. ولا بد أيضا من الاهتمام بتسخين الغذاء المعبأ منزلياً جيداً قبل استهلاكه حيث أن السموم المفرزة من بكتريا التسمم البوتوليوني حساسة للحرارة وتكفي 10 دقائق من التسخين أو الطبخ على درجة حرارة متوسطة للقضاء على السموم وقد حدث في عام 1972م أن سيدة تذوقت بسلة معلبة منزلياً قبل تسخينها وبعد ذلك تم تسخين البسلة وقدمتها لأسرتها وحدث أن هذه السيدة فارقت الحياة بينما لم يتأثر باقي أفراد الأسرة. ويجب مراعاة عدم إجراء التبريد المفاجئ حتى لا تتعرض البرطمانات الزجاجية للكسر وإنما تترك لتبرد في الجو العادي.

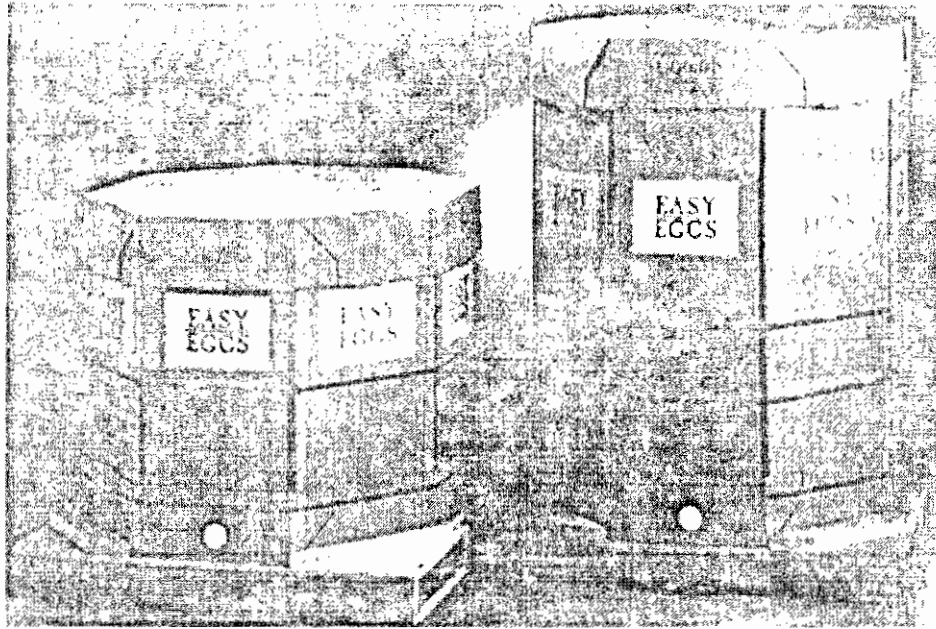
بالإضافة إلى ما سبق ذكره من المعاملات الحرارية توجد أنواع أخرى تناسب أنواع معينة من الأغذية ومثال ذلك ما يسمى Aseptic Packaging وفي هذا النوع من المعاملات الحرارية يتم تعقيم الغذاء بمفرده وتعقيم العبوة بمفردها ثم يعبأ الغذاء المعقم في العبوة المعقمة تحت ظروف معقمة.

وتعتبر الأغذية السائلة الأكثر مناسبة لهذا النوع من التعقيم ويستخدم في تعقيمها المبادلات الحرارية خاصة النوع ذو الأنابيب وهو يتكون من أنبوتين إحداها داخل الأخرى وتمر المادة الغذائية في الأنبوبة الداخلية التي تكون مزودة بواسطة عمود إدارة أو بدال مزود بسكاكين تقوم بإزاحة وكشط الغذاء من على سطح الأنبوبة الداخلية حتى لا يتعرض للاحتراق ويمر وسط التسخين وهو البخار في الفراغ بين الأنبوتين ويتم المعاملة الحرارية على درجة حرارة عالية تصل إلى 150 °م وزمن قصير (عدة ثواني) مما يؤدي إلى الحصول على منتجات غذائية ذات درجة جودة عالية ويطلق على هذه المعاملة اصطلاحاً Ultra high-temp.Sterilization (UHT) ولا بد من تبريد الغذاء بسرعة حيث أن جودة الغذاء يمكن أن تتلف بسرعة إذا زاد زمن المعاملة عن المطلوب نظراً لارتفاع درجة الحرارة المستخدمة ويتم التبريد أيضاً داخل نفس المبادل الحراري عن طريق إمرار وسيلة التبريد بدلاً من البخار في الفراغ بين الأنبوتين الداخلية والخارجية (شكل 25) وبالنسبة للعبوات المستخدمة فإنها تكون عادة من المواد الورقية أو البلاستيكية ويتم تعقيمها باستخدام البخار المحمص superheated steam وقد يستخدم الهواء الساخن مع فوق أكسيد الأيدوجين كمادة مطهرة كذلك يمكن استخدام الأشعة فوق البنفسجية كعامل مساعد مع الحرارة في حالة العبوات التي لا تتحمل درجات الحرارة العالية.

وهذا النوع من التعقيم يكون مفيداً وضرورياً مع الأغذية السائلة التي تستخدم كمواد وسيطة في بعض المنتجات مثل البيض السائل وبيورية الفاكهة في منتجات المخازن أو عجينة الطماطم في مصانع إنتاج الكاتشب حيث أن هذه المواد تعبأ في عبوات كبيرة الحجم تصل سعتها إلى 50 - 300 جالون (شكل 37) لأن تعبئتها في عبوات صغيرة الحجم يكون غير اقتصادي ومكلف ولو تم تعقيم هذه العبوات الكبيرة بالطريقة المعتادة فإن وصول أبعد نقطة في العبوة إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبه سوف يستغرق وقتاً كبيراً يتعرض خلاله الغذاء الملامس للجدران للاحتراق ولهذا يتم تعقيم العبوات الكبيرة بالبخار المحمص ثم تملأ بالغذاء السابق تعقيمه بالمبادلات الحرارية وذلك تحت ظروف تعقيم في غرف خاصة ويتم قفل العبوات داخل نفس الغرفة بالأغطية المعقمة.

ومثال آخر للمعاملات الحرارية أيضاً ما يطلق عليه Hot Pack or Hot Fill وهو ما يقصد به تعبئة الغذاء المبستر أو المعقم وهو لا يزال ساخناً في عبوات نظيفة ولكن ليست

معقمة تحت ظروف صحية ليست ظروف تعقيم وفي هذه الحالة يستفاد من درجة حرارة المنتج في تعقيم العبوة وذلك لفترة قبل إجراء عملية التبريد. هذا النوع من المعاملات الحرارية يصلح مع الأغذية الحامضية حيث أن الحموضة تساعد مع الحرارة في القضاء على الأحياء الدقيقة خاصة وأن أخطر هذه الأحياء الدقيقة وأكثرها مقاومة للحرارة وهو ميكروب *Clostridium botulinum* لا يمكنه النمو وإفراز السموم على درجات PH 4.6 فأقل وبالتالي فإن خطره يكون معدوماً من الناحية الصحية.



شكل (37): عبوات البيض السائل كبيرة الحجم

أما في حالة الأغذية غير الحامضية ذات درجات الـ PH الأعلى من 4.6 فلا بد من وجود وسيلة حفظ أخرى مساعدة كأن يحفظ الغذاء بعد ذلك بالتبريد أو إذا كان الغذاء مرتفع في نسبة السكر كما في حالة المربي والجيلي حيث أن هذا النوع من المعاملات الحرارية لا يكون كافياً لحفظ الغذاء ومنع فسادة في غياب الحموضة. وفي جميع الأحوال فإنه لا بد

من توافر درجات حرارة محددة مع زمن محدد قبل تبريد العبوات حتى تكون المعاملة مؤثرة وهذه الظروف من درجة الحرارة والمدة تختلف على حسب درجة الـ PH وخصائص الغذاء.

والمثال الواضح لتطبيق هذا النوع من المعاملات الحرارية في المنازل هو تعبئة المربى وهي ساخنة في البرطمانات الزجاجية النظيفة التي سبق تسخينها في الماء المغلي، هذا ويجب مراعاة أن يتم قلب العبوات وهي ساخنة حتى يتم تعقيم سطح الغطاء الداخلي . وبالنسبة للتطبيقات على المستوى التجارى نجد مثلاً أن الفاكهة والعصائر الحامضية تعامل حرارياً على درجات حرارة تتراوح بين 77 - 100° م لمدة 30 - 60 ثانية ثم تعبأ وهي ساخنة مع مراعاة أن لا تقل درجة حرارتها عند التعبئة عن 77 - 93° م وتترك على هذه الدرجة لمدة 1 - 3 دقائق تقلب خلالها العبوة ثم تجرى عملية التبريد بعد ذلك. وفي حالة عصائر الطماطم يتم تسخينها على 121° م لمدة 40 - 45 ثانية ثم تعبأ ساخنة على درجات حرارة تتراوح بين 91 - 100° م ثم تترك العبوة لمدة 3 دقائق تقلب خلالها ثم تبرد بعد ذلك.

وفي كل الأحوال فإن درجة الـ PH (مستوى الحموضة) للغذاء تعتبر العامل الرئيسي المحدد لظروف هذه المعاملة الحرارية من حيث درجة الحرارة والزمن وكذلك تجرى الاختبارات الميكروبيولوجية للتأكد من مدى كفاءة المعاملة.

أمثلة لبعض المواد الغذائية المعلبة:

1- الخضر الطازجة المعلبة:

تشرط المواصفات القياسية المصرية في الخضر الطازجة المحفوظة في العلب الصفيح أن يتم اختيارها في حالة نضج مناسبة لصناعة الحفظ وليست في مرحلة نهاية النضج وأن تكون من أصناف ملائمة للحفظ في العلب الصفيح ومحتفظة بخواصها الطبيعية وخالية من الإصابات الحشرية والفطريات ويجب أن تكون محتويات العلبة الواحدة متجانسة النضج والحجم واللون. كذلك تنص المواصفات القياسية على تعبئة الخضر في محلول ملحي تركيزه لا يتجاوز 2% أو في عصير طماطم أو صلصة ويوضح على بطاقة العلبة النسبة المئوية للصلصة ودرجة تركيزها ويراعى ألا يزيد وزن المحلول عن ثلث الوزن الصافي لمحتويات العلبة.

وبالنسبة للعلب الصفيح المستخدمة في حفظ الخضر الطازجة يشترط فيها أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بها وألا يلاحظ عند فتحها بعد تعبئتها وجود أي تأكل

معدني أو تغير لوني في سطحها الداخلي كما يجب أن يراعى حفظ البقول وغيرها من الخضار التي تحتوي على مواد كبريتية في علب مظلوه من الداخل بورنيش يقي معدن العلبة من تأثير الكبريت وأن يراعى كذلك حفظ الخضار الحمضية مثل الطماطم ومنتجاتها في علب مظلوه من الداخل بورنيش يقي العلبة من التآكل أما أنواع الخضار الأخرى فيراعى حفظها في علب مظلوه من الداخل بورنيش يناسب تركيب كل منها.

وبصفة عامة يجب ألا تزيد العيوب في الخضار المعلبة عن النسب المحددة لكل صنف وتشمل هذه العيوب وجود الأجزاء الخضرية غير الضارة والأجزاء البرعمية أو الثمار المهشمة أو البذور الملونة أو المبقعة.

ويجب أن يدون على كل العبوات أو على بطاقة تلتصق عليها البيانات التالية:

نوع المادة المعلبة ودرجتها الوصفية أو الحجمية - اسم المنتج وعلامته التجارية أو إحدهما - الوزن الصافي للعبوة - المواد المضافة وعبارة انتاج (ج. م. ع).

ومن أمثلة الخضار المعلبة البسلة وحسب تعريف المواصفات القياسية المصرية هي ناتج تعبئة بذور البسلة الخضراء الطازجة ذات النضج المناسب في العلب الصفائح والمعاملة حرارياً بغرض الحفظ. ويشترط فيها توافر مايلي:

- (1) يجب أن تكون البذور سليمة وخالية من الاصابات الفطرية أو الحشرية وأن تكون متجانسة النوع والحجم بقدر الإمكان.
- (2) أن تكون خالية من الشوائب الغريبة والأجزاء الأخرى لنبات البسلة والأوراق.
- (3) أن تكون خالية من الميكروبات الممرضة والمسببة للفساد.
- (4) أن يكون لها الطعم والرائحة المميزين للبسلة المعلبة.
- (5) يسمح باضافة التوابل وبعض الخضار كالجزر والبصل والفلفل الأخضر والأحمر بمقدار لا يتعدى 10% من الوزن المصفى.
- (6) يجب أن تكون لزوجة سائل التعبئة غير عالية بحيث ينفصل عن بذور البسلة عند درجة 20° م وأن يكون محتفظاً بمظهره الطبيعي ويستثنى من ذلك البسلة التى تعبأ فى الصلصة.
- (7) يجب أن تكون خالية من المواد الملونة الصناعية والمواد الحافظة.

8) يجب ألا تزيد نسبة الحبوب المتغيرة قليلا في اللون أو المتبقعة جزئيا على 7.5٪ من الوزن المصفى ونسبة البذور المهشمة والقشور والفلقات على 5.٪ من الوزن المصفى وكذلك نسبة البذور الصفراء اللون يجب ألا تتعدى 0.5٪ من الوزن المصفى.

وتحدد المواصفات أيضا حجم المحتويات داخل العلبة بحيث لا يقل عن 90٪ من السعة المائية للعبوة وكذلك الوزن المصفى يجب ألا يقل عن 65٪ من وزن المحتويات ولا تقل نسبة المواد الدهنية (زبدة - دهون حيوانية أو نباتية) عن 4٪ من وزن المحتويات ولا تزيد نسبة ملح الطعام على 2٪ من وزن المحتويات . كذلك يجب ألا تزيد نسبة المواد الصلبة غير الذائبة في الكحول على 21٪ وأن تكون العبوات ذات تفريغ مناسب بحيث لا يقل التفريغ داخلها عن 100 ملليمتر زئبق . كما يجب ألا يزيد حد القصدير على 250 جزء في المليون.

هذا وتبدأ خطوات تغليب البسلة بجمع المحصول عند درجة النضج المناسبة ثم تفصل قرون البسلة من العرش وبعد ذلك يتم تفريط الحبوب من القرون ميكانيكيا ثم تجرى عملية فرز وتنظيف للحبوب باستخدام تيار من الهواء للتخلص من الشوائب الخفيفة وبعد ذلك تمرر الحبوب على غرايبل خاصة تختلف في حجم فتحاتها للتخلص من المواد الغريبة المصاحبة للثمار بأحجامها المختلفة ثم تجرى عملية الغسيل ويجب أن تتم خطوات الإعداد بسرعة بقدر الإمكان حيث أن زيادة الفترة التي تنقضي بين تفريط الحبوب وتعبئتها في العلب الصفيح يؤثر تأثيراً عكسياً على جودة البسلة حيث يتحول جزء كبير من المواد السكرية إلى نشا كما تنشط الانزيمات المؤكسدة ويؤدي ذلك إلى فقد جزء كبير من عناصر الجودة في البسلة.

عموما بعد إجراء عملية التنظيف تجرى عملية التدريج وقد سبق معرفة الدرجات الوصفية للبسلة، وكيفية تحديدها أما الدرجات الحجمية فهي تقسم كما يلي:

(1) رفيع ممتاز:

يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 6.73 مم ± 0.3 وقطر السلك 1.87 مم.

(2) رفيع:

يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 7.93 مم ± 0.3 وقطر السلك 2.27 مم.

(3) متوسط:

يمر 7.95 على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 9.52 مم ± 0.3 وقطر السلك 2.27 مم.

(4) كبير:

لا يمر 7.95 على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 9.52 مم ± 0.3 وقطر السلك 2.27 مم.

وبعد إجراء عملية التدرج تجري عملية السلق ثم عملية التعبئة في العلب الصفيح ثم يضاف محلول التعبئة وفي حالة استخدام المحلول الملحي كوسط للتعبئة يجب مراعاة أن حبوب البسلة تمتص جزء من الملح عند تدرجها وصفيًا باستخدام المحاليل الملحية ولهذا يجب أن يؤخذ هذا في الاعتبار عند حساب درجة تركيز المحلول الملحي المستخدم حتى لا تكتسب الحبوب طعما غير مقبول. وقد يضاف إلى المحلول الملحي محلول سكري بتركيز 1٪ حيث أن ذلك يساعد على إظهار الطعم الحلو المميز للبسلة ذات درجات الجودة العالية. وقد تعبأ البسلة في الصلصة بدلا من المحلول الملحي. وتجري بعد ذلك عملية التسخين الابتدائي ثم القفل المزدوج ثم التعقيم ويتم ذلك عادة على درجة حرارة 240° ف لمدة 35 دقيقة. وبعد انتهاء عملية التعقيم تجري عملية التبريد المفاجئ ... إلخ.

(2) الخوخ المعلب:

وحسب تعريف المواصفات القياسية هو عبارة عن ثمار كاملة أو انصاف ثمار أو أرباعها تامة النضج واللون والصفات الثمرية ومقشورة باحدى طرق التقشير المناسبة ومعبأة في عبوات محكمة القفل بغرض حفظها في محاليل سكرية متفاوتة.

ويجب أن تتوفر في ثمار الخوخ المعلبة الاشتراطات العامة التالية:

- (1) أن تكون الثمار المستخدمة في التعبئة مكتملة النمو والنضج الثمري وخاصة فيما يختص باللون والطعم والقوام والرائحة.
- (2) أن تكون الثمار المستخدمة متماسكة خالية من الجروح أو الكدمات أو العطب وكذلك خالية من الإصابات الحشرية والفطرية.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

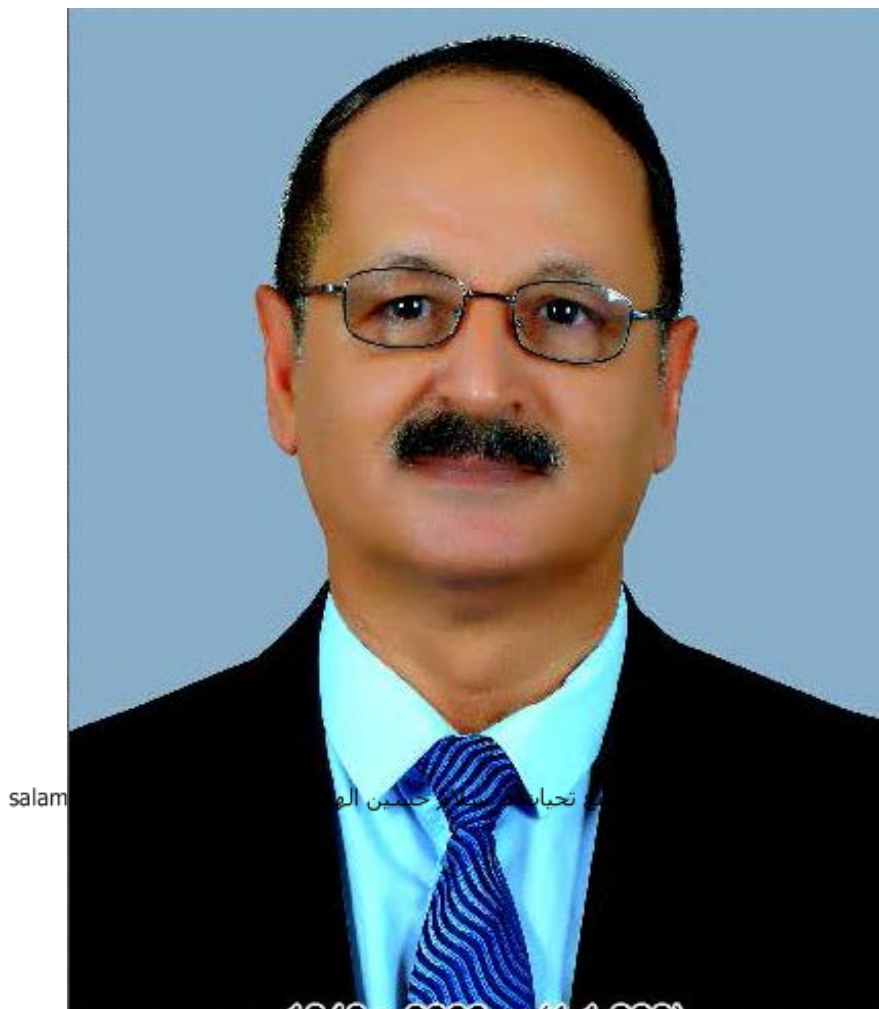
salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



- (3) أن تكون خالية من أي تخمر أو تحلل في أنسجة الثمرة أو مكوناتها.
 - (4) أن تكون متجانسة في الحجم (مهما اختلفت الأشكال المعبأة).
 - (5) يمنع منعاً باتاً استخدام المواد الحافظة وكذلك المواد الملونة والمحليات الصناعية والجلوكوز أو أية مواد أخرى محلية بخلاف السكروز على أن يحدد تركيز الأخير على بطاقة كل عبوة.
 - (6) يجوز إضافة مواد محسنة للطعم أو مواد مضادة للأكسدة بشرط أن يكون مسموح بها قانوناً على أن ينص على التركيزات المضافة منها على بطاقة العبوة.
 - (7) يجوز إضافة أحد الأحماض العضوية الآتية: الستريك أو الخليك أو الطرطريك على أن توضح النسب المضافة منها على بطاقة العبوة.
 - (8) في حالة استخدام ثمار خوخ سبق معالجتها بثاني أكسيد الكبريت أو أحد أملاح حمض الكبريتوز فإنه يجب ألا تتعدى نسبته في الناتج 300 جزء في المليون مقدرة كثنائي أكسيد كبريت حر.
 - (9) يجب في كل الحالات تعقيم العبوات غذائياً بطريقة تسمح بحفظها في العبوات المحكمة القفل.
- كذلك يجب أن تتوفر في ثمار الخوخ المعلبة المواصفات التالية:
- (1) أن تكون مقشورة بحيث لا يزيد مقدار ما تحتويه من القشور أو الأجزاء غير المقشورة على النسب المبينة بجدول (14).

جدول (14): درجات القشور للخوخ المعبأ

الدرجة القصوى	الدرجة الممتازة	الدرجة القياسية	الدرجة العادية
خالية تماماً	لا تزيد كمية الأجزاء غير المقشورة وكذلك القشور على 1 سم ²	1.5 سم ²	2 سم ²

- (2) أن تكون خالية من البذور أو أجزائها فيما عدا الثمار الكاملة المعلبة.
- (3) أن تكون خالية من أي تغير في اللون وخاصة الألوان البنية التي تتكون في المنطقة المجاورة للبذور.

(4) أن تكون خالية من بقايا اللون الناتج عن التصاق البذرة بنسيج الثمرة وأن تكون خالية من أي تبقع في أي جزء من أجزاء اللب المعبأ.

(5) أن يكون محلول التبعبة رائقا تماما (في حالة التبعبة في المحاليل السكرية أو الماء) وأن يكون تركيز السكر في المحلول السكري حسب ما هو محدد في جدول (15).

جدول (15): درجات تركيز السكر في المحلول السكري للخوخ المعبأ

المنتج	الدرجة الممتازة	الدرجة القياسية	الدرجة العادية	التبعبة في الماء
خوخ معبأ	لا تقل عن 7.24	لا تقل عن 7.19	لا تقل عن 7.14	7.5

(6) لا يقل مقدار الوزن المصفي عن 60% من الوزن الصافي للعبوة.

وبالنسبة للدرجات الوصفية للخوخ المعبأ فإن جدول (16) يوضح العوامل التي يتم على أساسها تحديد هذه الدرجات.

جدول (16): الدرجات الوصفية للخوخ المعبأ

العامل	الدرجة القصوى	الدرجة الممتازة	الدرجة القياسية	الدرجة العادية
اللون	20 درجة	18-20 درجة	15-17 درجة	12-14 درجة
التجانس (شكلي وحجمي)	15 درجة	14-15 درجة	12-13 درجة	10-11 درجة
الخلو من الشوائب	30 درجة	27-30 درجة	23-26 درجة	19-22 درجة
الصفات الثمرية	35 درجة	31-35 درجة	25-30 درجة	19-24 درجة
المجموع	100 درجة	لا تقل عن 90 درجة	لا تقل عن 75 درجة	لا تقل عن 60 درجة

وبالنسبة للون يقصد به اللون الطبيعي المميز لثمار الخوخ المعبأ وهو اللون الأبيض المصفر بشرط تجانسه وخلوه من أي ألوان بنية أو تعارق نتيجة لعدم إزالة بقايا مكان اتصال البذرة باللب.

ويقصد بالتجانس الحجمي انتظام أشكال الثمار في حالة التبعبة الكاملة وانتظام الأشكال وعمليات القطع عند تعبئة أنصاف أو أرباع الثمار.

أما التجانس الشكلي فالمقصود به انتظام التكوين الثمري للثمار الكاملة أو انتظام أشكال القطع (الانصاف أو الإرباع) بحيث تصبح متجانسة داخل العبوة الواحدة.

الخلو من العيوب والشوائب يقصد به الخلو من أي مواد غريبة غير ضارة كالأجزاء النباتية عموماً مثل الأوراق والقشور وأجزاء البذرة وكذلك الخلو من الأجزاء المهشمة ميكانيكياً أو المكدومة أو المجروحة أو المصابة فطرياً أو حشرياً كذلك الخلو تماماً من الحشرات أو أجزائها أو إفرازاتها وكذلك الفطريات أو أية مواد ضارة.

وأخيراً الصفات الثمرية يقصد بها مجموعة صفات اللون والطعم والقوام والرائحة المميزة لثمار الخوخ المكملة النضج الثمري وتشمل الدرجات الوصفية للخلوخ الملب مايلي:

أ- الدرجة الممتازة:

وتشمل الثمار المتجانسة الحجم والمميزات الثمرية ومميزات الصنف والتي تحتوي على أقصى ما يمكن من الطعم والرائحة والتي تمثل أحسن درجات اللون الثمري مع انتظام الشكل والحجم والخالية تماماً من أي عطب أو عوامل تؤثر على جودتها بحيث لا يقل مجموع الدرجات التي تحصل عليها طبقاً للجدول السابق عن 90 درجة.

ب- الدرجة القياسية:

وهي المنتج الملب لثمار الخوخ التي تتميز بصفات نوعية وثمرية جيدة وتتميز بدرجة مناسبة من اللون والشكل والقوام والطعم والرائحة على أن يسمح في هذه الحالة بكمية من التغيرات الطبيعية في أي من المميزات السابقة وبحيث لا يقل مجموع الدرجات التي تحصل عليها طبقاً للجدول السابق عن 75 درجة.

ج- الدرجة العادية:

وهي الثمار التي تتميز بصفة عامة بمجموعة من المميزات الثمرية والوصفية تجعلها أقل جودة من الدرجتين السابقتين وبحيث لا يقل مجموع درجاتها طبقاً للجدول السابق عن 60 درجة.

وبالنسبة للعبوات المستخدمة يجب أن تكون من الصفيح المطلي من الداخل بالمواد الورنيشية الملائمة والمضادة للحموضة والمحكمة القفل كما يجوز أن تتم التعبئة في عبوات زجاجية (برطمانات) على أن تتوافر شروط أحكام القفل بها. ويجب أن يدون على العبوات البيانات السابق ذكرها بالإضافة إلى درجة تركيز السكر في محلول التعبئة.

(3) تعليب السردين:

تمر صناعة تعليب السردين بالخطوات الآتية:

- (1) إجراء عملية الغسيل بتيار قوي من الماء.
 - (2) التدريج: حيث يدرج السردين إلى أحجام مختلفة تبعاً لأطوال العلب الصفائح ويتراوح طول السردين المعبأ في العلب بين 4 - 10 بوصات وقد تتم هذه الخطوة بعد عملية التنظيف.
 - (3) التنظيف: حيث يتم إزالة الرأس والأحشاء والقشور الخارجية والتي يمكن إزالتها باستخدام تيار قوي من رذاذ الماء وأحياناً تترك القشور لحماية جلد السردين من التمزق وفي هذه الحالة لا بد من زيادة مدة السلق. ثم تجرى بعد ذلك عملية غسيل لإزالة جميع آثار الفضلات.
 - (4) التمليح: وتتم هذه العملية بغمر السردين في محلول ملحي مشبع بارد لمدة تتراوح بين 20 - 35 دقيقة. وتؤدي هذه العملية إلى صلابة أنسجة السردين ثم تجرى عملية غسيل بالماء البارد لإزالة كميات الملح الزائدة. وتتراوح نسبة الملح المرغوبة في المنتج النهائي بين 2.5 - 3.5 %.
 - (5) إجراء عملية السلق أو الطبخ الأولى: وتتم هذه الخطوة بوضع الصواني المحملة بالسردين على أرفف فوق عربات ثم تدفع هذه العربات داخل حجرات البخار وتستمر بها فترة تتراوح بين 10 - 20 دقيقة وهكذا يتم التخلص من الرطوبة الزائدة التي تنفصل على هيئة سائل ومعه بعض الزيوت. كذلك قد تجرى عملية السلق بعد تعبئة السردين في العلب بواقع 125 - 130 جم لكل علب ثم ترص العلب على صواني من الألومنيوم ثم التعريض للبخار لمدة 15 دقيقة وتخرج الرطوبة وبعض الزيوت والسوائل المنفصلة من السردين ويتم سكبها خارج العلب حتى لا يترنخ السردين وعادة تنقل الصواني المحملة بالسردين بعد ذلك إلى حجرة أخرى مجهزة بمراوح تدفع هواء دافئ درجة حرارته بين 100 - 150 ° ف وذلك للتخلص من الرطوبة السطحية بالسردين وتستغرق هذه العملية حوالي 80 - 120 دقيقة.
- وقد تتم عملية الطبخ هذه عن طريق القلي في الزيت على درجة حرارة 120 ° ف لمدة 4 دقائق.

(6) التعبئة: حيث يتم تعبئة أعداد وأحجام متساوية في كل علب ثم يضاف الزيت على درجة 70 - 80 م وتغني هذه العملية عن إجراء عملية التسخين الابتدائي وكذلك قد تضاف صلصلة ساخنة كوسط تعبئة بدلا من الزيت حسب الرغبة.

(7) القفل المزدوج: وقد يتم إجراؤه تحت تفريغ.

(8) التعقيم: ويتم على درجة 116° م لمدة ساعة إلى ساعة وربع حسب نوع السردين.

(9) التبريد المفاجئ بعد التعقيم مباشرة.

(10) غسيل العلب مع استخدام مواد التنظيف لإزالة آثار الزيت أثناء عملية التعبئة.

(11) لصق البطاقات على العلب ثم التخزين لمدة تتراوح بين 6 - 12 شهرا لتكوين الطعم المرغوب في السردين.

وتنص المواصفات القياسية على ضرورة توافر الاشتراطات العامة التالية في السردين المعبأ:

(1) أن يكون ناتجا من أسماك طازجة تتميز بتماسك الأنسجة والتصاق القشور بالجسم وبريق العينين وخلو الجسم من المواد المخاطية والجروح والكدمات والروائح غير المقبولة.

(2) أن يكون خاليا من جميع عوامل الفساد ومحتفظ باللون والطعم والرائحة المميزة للمنتج المعبأ.

(3) أن يكون منزوع الرأس والاحشاء مقطوع الذيل ومغسول غسلا جيدا لإزالة جميع آثار الفضلات.

(4) أن يكون متجانس الحجم والطول في العلب الواحدة.

(5) أن تكون الأسماك منتظمة الرص داخل العلب خالية من التشقق والتسلخ وعظامها المتبقية هشة.

(6) لا تزيد نسبة المحلول المتكون من الأسماك على 10٪ من الزيت المعبأ فيه.

(7) أن يكون المنتج المعبأ خاليا من أي مواد غريبة أو شوائب وأن تؤدي المعاملة الحرارية إلى القضاء على جميع الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض أو الفساد وفي حالة اشتغالها على

البكتريا التي تتحمل الحرارة المرتفعة أو تنمو في وجودها يجب ألا يزيد عددها على 100 خلية في الجرام.

(8) يجب أن يعبأ في علب صفيح غير مطلية أو مطلية من الداخل بالورنيش المناسب منها من تكون لون داكن بجدران العلبة وحتى تتم المحافظة على الطعم واللون والرائحة الطبيعية لمحتوياتها.

هذا وتختلف أصناف السردين المعبأ حسب طريقة التصنيع ووسط التعبئة وقد حددت المواصفات القياسية الشروط الواجب توافرها في كل نوع كمايلي:

(1) السردين المعبأ في الزيت: هو ناتج حفظ أحد أصناف السردين بعد تنظيفها وتجهيزها واعدادها للتعبئة في العلب الصفيح مع أحد أصناف زيوت الطعام والمعاملة بالحرارة بغرض الحفظ. ويشترط توافر المواصفات القياسية التالية:

أ - أن يكون الزيت المضاف إلى السردين مطابقاً للمواصفات القياسية لزيوت الطعام.

ب- لا تقل نسبة المادة الدهنية الكلية في محتويات العلبة عن 15 % .

ج- لا يزيد الرقم الهيدروجيني (درجة الـ PH) لمحتويات العلبة على 6.7 .

د - لا تزيد نسبة مساحة الجزء الداكن على 10 % من مجموع سطح العلبة المورشة.

هـ - لا يزيد عدد الوحدات السمكية في العلبة زنة 125 جم على 5 سمكات للأحجام الكبيرة أو 8 سمكات للأحجام المتوسطة أو 12 للأحجام الصغيرة.

و - لا تزيد نسبة ملح الطعام في محتويات العلبة على 2 % أو 4 % في حالة السردين النيلي على أن يكون ملح الطعام مطابقاً للمواصفات القياسية الخاصة به.

(2) السردين المعبأ في الصلصة: هو ناتج حفظ أحد أصناف السردين بعد تنظيفها وتجهيزها واعدادها للتعبئة في العلب الصفيح مع صلصة الطماطم والمعاملة بالحرارة بغرض الحفظ. ويشترط فيه مايلي:

أ - أن تكون الصلصة المضافة إلى السردين مطابقة للمواصفات القياسية لصلصة الطماطم والا تقل نسبة المادة الصلبة في وسط التعبئة عن 10 % .

ب- لا يزيد الرقم الايدروجيني لمحتويات العلبة عن 6.5 .

ج- لا تزيد نسبة مساحة الجزء الداكن على 10٪ من مجموع السطح الداخلي للعلبة.

د - لا يزيد عدد الوحدات السمكية في العلبة زنة 125 جم على 5 سمكات للأحجام الكبيرة أو 8 سمكات للأحجام المتوسطة و 12 للأحجام الصغيرة.

هـ- لا تزيد نسبة ملح الطعام في محتويات العلبة على 2٪ وأن يكون الملح المستخدم مطابقاً للمواصفات القياسية للملح الطعام.

(3) السردين المعبأ في الصلصات الحريفة: هو ناتج حفظ أحد أصناف السردين بعد تنظيفها وتجهيزها وإعدادها للتعبئة في العلب الصفائح مع الصلصات الحريفة المضاف إليها المستردة والتوابل والمعاملة بالحرارة بغرض الحفظ. ويشترط أن تكون الصلصة الحريفة المستخدمة والتوابل المضافة مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بها وكذلك يشترط توافر المواصفات السابق ذكرها في حالة السردين المعبأ في الصلصة من حيث الرقم الايدروجيني ومساحة الجزء الداكن من سطح العلبة الداخلي وعدد الوحدات السمكية في العلبة ونسبة ملح الطعام.

(4) السردين المخلي من العظام والمعبأ في الزيت: هو ناتج حفظ أحد أصناف السردين بعد تنظيفها وتجهيفها ثم إزالة السلسلة الفقرية الظهرية وإعدادها للتعبئة في العلب الصفائح مع أحد أصناف زيوت الطعام والمعاملة بالحرارة بغرض الحفظ. ويشترط أن يكون الزيت المستخدم من زيوت الطعام ومطابقاً للمواصفات القياسية الخاصة بزيوت الطعام. وإن تكون الوحدات السمكية متجانسة الطول محتفظة بلونها الطبيعي خالية من العظام. كذلك يجب ألا تقل نسبة المادة الدهنية في محتويات العلبة عن 15٪ ولا تزيد نسبة الرطوبة الكلية في محتويات العلبة على 60٪. ولا يزيد الرقم الايدروجيني لمحتويات العلبة على 6.7 وبالنسبة لمساحة الجزء الداكن وعدد الوحدات السمكية في العلبة وكذلك نسبة ملح الطعام فإنها تماثل ما سبق ذكره في المنتجات السابقة من السردين.

(5) السردين المدخن المعبأ في الزيت: هو ناتج حفظ أحد أصناف السردين وخاصة الأحجام الصغيرة منها بعد تنظيفها وتجهيزها كاملة أو منزوعة الرأس والأحشاء ثم تدخينها بإحدى طرق التدخين المعروفة وإعدادها للتعبئة في العلب الصفائح مع أحد زيوت الطعام ومعاملتها بالحرارة بغرض الحفظ. ويشترط توافر نفس المواصفات السابق

ذكرها في حالة السردين المخلي من العظام والمعبأ في الزيت من حيث مواصفات الزيت المستخدم ونسبة المادة الدهنية والرقم الأيدروجيني ومساحة الجزء الداكن من مجموع السطح الداخلي للعلبة المورنشة وعدد الوحدات السمكية في العلبة ونسبة ملح الطعام. وبالنسبة لعملية التدخين يجب إجرائها باحدى طرق التدخين المعروفة والمسموح بها.

6) السردين المملح المعبأ: هو ناتج حفظ سردين البحر الأبيض بالتمليح والذي ينتج عنه محلول ملحي من الملح والرطوبة الطبيعية الموجودة في السردين والذي يعبأ بعد اتمام عملية تمليحه في البراميل الخشبية في عبوات من الصفيح ويجوز اضافة أحد زيوت الطعام إليه أو المحلول الملحي المتكون من عملية التملح.

ويشترط أن يتم تمليح السردين باحدى طرق التملح المعروفة المسموح بها وأن يكون ملح الطعام المستخدم مطابقاً للمواصفات القياسية الخاصة بملح الطعام. ولا تقل نسبة المادة الدهنية الكلية عن 15% - وكذلك لا تقل نسبة ملح الطعام في أنسجة السردين المملح عن 10% ولا يزيد الرقم الأيدروجيني على 6.7. وإذا عبئ السردين المملح في الزيت يجب أن يكون الزيت المستخدم من زيوت الطعام ومطابقاً للمواصفات القياسية الخاصة بزيوت الطعام.

فساد المواد الغذائية المعلبة:

المقصود بالفساد هنا هو حدوث أي تغيرات غير مرغوبة في صفات المادة الغذائية المعلبة سواء ظهر تأثير هذا الفساد على شكل العلبة من الخارج أو لم يظهر حيث أن الشكل الطبيعي للعلبة هو أن تكون مقعرة من طرفيها نتيجة التفريغ الذي يحدث بداخلها بتأثير عملية التسخين الابتدائي وإذا حدث تحذب لأي طرف من أطراف العلبة أو لكل من الطرفين فإن هذا يدل عادة على حدوث الفساد وهناك نوعان أساسيان من الفساد الذي يمكن حدوثه في الأغذية المعلبة هما:

أ - الفساد الناتج عن التفاعلات الكيميائية.

ب- الفساد الناتج عن النشاط الميكروبي.

وبالنسبة للفساد الكيميائي فإنه ينتج أساساً من تفاعل معدن العلبة مع مكونات المادة الغذائية خاصة في حالة عدم وجود الطبقة الورنيشية (الإنامل) وقد يؤدي هذا إلى تآكل

معدن العلبة أو تغير لون المادة الغذائية أو التأثير على قيمتها الغذائية. فمثلاً تآكل معدن العلبة قد يحدث نتيجة التفاعل بينه وبين أحماض المادة الغذائية وإذا وجدت آثار من الأكسجين داخل العلبة فإنها تساعد على سرعة حدوث التآكل كذلك قد يتحد التانين الموجود في بعض المواد الغذائية مع أيونات الحديد التي قد يكون مصدرها الأجزاء غير المغطاة بالقصدير في العلبة أو محلول التعبئة أو المادة الغذائية نفسها وتتكون تانينات الحديد ذات اللون الأسود وإذا كانت المادة الغذائية المعلبة غنية بالكبريت فقد تتكون أيضاً تانينات الكبريت السوداء أيضاً وهذا كله يؤثر على لون الغذاء ويجعله غير مقبول للاستهلاك. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض التفاعلات الكيميائية التي قد تحدث خاصة في وجود الأكسجين تؤثر على القيمة الغذائية حيث تؤدي إلى أكسدة بعض الفيتامينات.

وجدير بالذكر أن بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث قد يكون لها تأثير مرغوب أحيانا كما في حالة تفاعل ميلارد Miaillard reaction الذي يحدث بين السكريات الأحادية والأحماض الأمينية ويؤدي إلى تكون اللون البني المرغوب في الفول المدمس واللحوم عند طبخها.

وفي حالة الفساد الميكروبي فإنه يحدث نتيجة نشاط البكتريا اللاهوائية المقاومة للحرارة ودرجة الحرارة المثلى لنموها هي 55° م ولهذا فإن ظروف التخزين تلعب دوراً أساسياً في التحكم في نشاط هذه الميكروبات كما قد يحدث أيضاً نتيجة لنشاط بعض أنواع البكتريا الميزوفيلية المكونة للجراثيم واللاهوائية ودرجة حرارة نموها المثلى حوالي 37° م وبعضها يحلل البروتين Proteolytic والبعض الآخر يحلل السكريات Saccharolytic. وبالنسبة للخمائر والفطريات فلا يوجد عادة ضرر أو فساد ينتج عنها - حيث أنها تموت أثناء عملية التعقيم ولا تقاوم درجات الحرارة العالية - إلا إذا وصلت إلى العلبة بعد التعقيم.

وعموماً فإن الفساد الميكروبي يحدث عادة نتيجة عدم كفاية المعاملة الحرارية المستخدمة أو وصول هذه الميكروبات إلى داخل العلبة نتيجة لحدوث تنفيس في العلبة وفي الحالة الأخيرة فإن الفساد الميكروبي يمكن أن يحدث من الأحياء الدقيقة بكل أنواعها.

وعادة يؤثر الفساد الذي يحدث للأغذية المعلبة على شكل العلبة وقد تم تقسيمه إلى عدة أنواع حسب التغيرات التي تحدث في شكل العلبة الخارجي كمايلي:

أ- الفساد الحامضي:

ويحدث هذا النوع من الفساد نتيجة لنشاط ميكروبات هوائية أو لا هوائية اختياراً ومكونة للجراثيم ومن أمثلتها ميكروب *Bacillus stearothermophilus* وتهاجم هذه الميكروبات المواد الكربوهيدراتية وتقوم بتحليلها وإنتاج أحماض عضوية مثل حمض الفورميك وحمض الستريك وحمض اللاكتيك مما يؤدي إلى ظهور الطعم الحامضي في الغذاء المعبأ. وجراثيم هذه الميكروبات مقاومة للحرارة وأحياناً تبقى حية بعد المعاملة الحرارية ونظراً إلى أن بعضها محب للحرارة اختياراً فإنها يمكن أن تنمو على درجة حرارة جو التخزين. وفي هذا النوع من الفساد يبدو شكل العلبة عادياً والقاع والغطاء كلاهما مقعر للدخل أو مسطح ولا يوجد أي انتفاخ.

ب- الفساد الغازي:

في هذه الحالة فإن الميكروبات المسببة لهذا النوع من الفساد تقوم بتحليل السكريات وإنتاج غاز بكميات كبيرة مما يؤدي إلى انتفاخ العلبة. وهذه الميكروبات من الأنواع اللاهوائية حتماً وأهمها ميكروب *Clostridium thermosaccharolyticum*. وتختلف درجة انتفاخ العلبة حسب كميات الغاز الناتجة ولهذا يقسم الفساد الغازي للعلب إلى الأنواع الآتية:

- 1) الانتفاخ المستتر وهو يعتبر أول درجة من درجات الانتفاخ حيث تكون كمية الغاز الناتجة قليلة ومنتشرة في المسافات البينية بين أجزاء المادة الغذائية داخل العلبة ولهذا يبدو شكل العلبة طبيعياً والقاع والغطاء كل منهما مقعر إلى الداخل ولكن عند طرق العلبة على سطح صلب تتجمع كميات الغاز على سطح المادة الغذائية في الفراغ العلوي للعلبة وتؤدي إلى تحذب طرف العلبة للخارج وعند الضغط على هذا الطرف المحذب يعود إلى وضعه الأصلي.
- 2) الانتفاخ اللولبي وفي هذه الحالة يكون أحد طرفي العلبة محدباً إلى الخارج ولكن عند الضغط عليه يزول التحذب منه بينما يتحذب الطرف الآخر.
- 3) الانتفاخ اللين وفيه يتحذب أحد طرفي العلبة وعند الضغط عليه يزول التحذب ولكن بزوال الضغط يعود التحذب مرة أخرى.

4) الانتفاخ الصلب وهي أقصى درجات الانتفاخ حيث تكون كمية الغاز الناتجة قد بلغت أقصاها وإذا زاد الضغط داخل العلبة عن ذلك قد يؤدي إلى انفجارها وفي هذا النوع من الانتفاخ يتحذب كل من طرفي العلبة ولا يزول التحذب بالضغط عليهما.

ج- الفساد الكبريتي:

ويتميز هذا النوع من الفساد بوجود رائحة كريهة مصدرها غاز كبريتور الأيدروجين (يد₂ كب) الذي ينتج مسن تحلل البروتينات والمسئول عن هذا الفساد هو ميكروب *Clostridium nigrificans* وهو من الميكروبات المتجرئة اللاهوائية المحبة للحرارة حتما. ولا يحدث انتفاخ للعلب حيث يكون مظهر العلبة عاديا ولكن الغاز الناتج يتفاعل مع شوائب الحديد سواء كان مصدرها المادة الغذائية أو معدن العلبة ويتكون كبريتوز حديد لونه أسود ويحدث عادة هذا الفساد في معلبات الذرة والبسلة.

وجدير بالذكر أن هناك بعض التغيرات التي تحدث في الأغذية المعلبة، في القوام واللون والنكهة وذلك بتأثير درجات الحرارة المستخدمة والتي تؤثر أيضاً على القيمة الغذائية ولكن هذه التغيرات لا تؤثر على قابلية الغذاء للاستهلاك ويمكن الحد منها بإجراء عملية التعقيم على درجات حرارة عالية وزمن قصير.

المراجع

- David, J. (1996). Principles of thermal Processing and optimisation. In J. R. D. David, R. H. Graves and V. R. Carlson (eds) Aseptic Processing and Packaging of Food. CRC Press. Boca Ration, pp. 3-20.
- Egyptian Organization for Stanardization Arab Republic of Egypt. Cairo.
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing technology. Principles and practice sec ed., woodhead publishing Limited and CRC Press LLC. Cambridge. England.
- Hayhurst, A. N. (1997). Introduction to heat transfer. In: P. J. Fryer, D. L. Pyle and C. D. Rielly (eds) Chemical Engineering for the Food Processing Industry, Blackie Academic and Professional, London pp. 105 - 152.
- Holdsworth. S. D. (1997). Process evaluation techniques In: Thermal Processing of Packaged Foods. Blackie Academic and Professional, London. pp. 139 - 244.
- Lewis M. J. (1993), UHT processing safety and quality aspects. In: A. Turner (ed.) Food Technology International Europe. Sterling Publications International, London, pp. 47-51.
- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science 5th. ed Chapman & Hall, New York.
- Ramish, M. N. (1999). Food Preservation by heat treatment. In: M. S. Rahman (ed.) Handbook of Food Preservation, Marcel Dekker, New York, pp. 95- 172.

- Ress, J. A. G. and Bettison, J. (1991). Processing and Packaging of Heat Preserved Foods. Chapman & Hall, London, New York.
- Stumbo, C. R., Purohit, K. S., Ramakrishnan, T. V., Evans, D. A., and Francis, F. J. 1983. Handbook of Lethality Guides for Low-Acid Canned Foods. Vols. I and 2. CRC Press, Boca Raton, FL.
- USDA. 1984 Guidelines For aseptic processing and packaging systems in meat and poultry plants. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C.
- Woodruff, J. G. and Luh, B. S. 1986. Commercial Fruit Processing. 2nd ed. AVI Publishing, Westport, CT.
- Zeuthen, P. 1984. Thermal Processing and Quality of Foods. Elsevier Applied Science, London.



الفصل السابع

الحفظ باستخدام المواد الكيميائية

الدكتور محمود علي بخيت

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي salamalhelali@yahoo.com

الحفظ باستخدام المواد الكيميائية

مقدمة:

بالإضافة إلى طرق الحفظ السابق ذكرها يمكن استخدام بعض المواد الكيميائية في حفظ الأغذية وقد عرفت الهيئة العالمية للأغذية والأدوية Federal Food, Drug and Cosmetic Acts المادة الحافظة بأنها أي مادة كيميائية تؤدي إلى تأخير أو منع الفساد عند اضافتها إلى الأغذية.

وهناك بعض الإضافات الكيميائية التي تستخدم أثناء خطوات التصنيع ولا يشترط أن تدخل في نطاق المواد الحافظة فمثلا في صناعة تعليب الأغذية قد يتم احلال النتروجين محل الهواء في الفراغ العلوي للعلبة وفي هذه الحالة لا يعتبر النتروجين مادة حافظة.

كذلك استثنت القوانين والتشريعات الغذائية بعض المواد ذات التأثير الحافظ للأغذية واعتبرتها خارج نطاق المواد الحافظة وتشمل هذه المواد:

- المواد المضادة للأكسدة المسموح بها.
- المحليات الصناعية المسموح بها.
- مواد التبييض المسموح بها.
- المواد الملونة المسموح بها.
- مواد الاستحلاب المسموح بها.
- المواد المحسنة المسموح بها.
- المثبتات المسموح بها.
- المذيبات المسموح بها.
- الخل.
- المواد الكربوهيدراتية المحلية السائلة.

- السكريات.
- ملح الطعام.
- الأعشاب والتوابل ومستخلص حشيشة الدينار أو الزيوت العطرية عند استخدامها لأغراض النكهة.

- المركبات التي تتخلل الغذاء أثناء عملية التدخين.

وبالنظر إلى القائمة السابقة نجد أنها تحتوى على معظم المواد التي تستخدم في حفظ الأغذية ولكن من وجهة النظر القانونية لا تعتبر مواد حافظة.

على سبيل المثال فإن استخدام ملح الطعام في حفظ اللحوم والأسماك بطريقة التمليح يعتبر من طرق الحفظ القديمة جدا ولا تزال تستخدم حتى الآن خاصة في المجتمعات البدائية . كذلك تعتبر المربى من الأغذية التي لا تتعرض للفساد الميكروبي نظرا لتركيز السكر العالي في طورها المائي وفي حالة تكتف الماء على سطحها فإن تركيز السكر قد ينخفض إلى المستوى الذي يؤدي إلى نمو الأحياء الدقيقة خاصة الفطريات.

وعملية التدخين التي تجرى للحوم والأسماك المملحة تعتبر أيضا من طرق الحفظ القديمة حيث يغطى السطح الخارجي للأغذية المدخنة بطبقة تتكون من القطران المتكثف والمركبات الفينولية والالدهيدية وكلها مواد ذات تأثير مضاد لنمو الأحياء الدقيقة.

عموماً فإن القائمة التالية تحدد المواد الحافظة الكيميائية المسموح باضافتها للأغذية:

(1) مواد حافظة مضادة للفطريات:

حمض البروبيونيك - بروبيونات الكالسيوم - بروبيونات الصوديوم - حمض السوربيك - سوربات البوتاسيوم - سوربات الصوديوم.

(2) مواد حافظة ذات استخدامات خاصة:

حمض الكابرليك: وهو مضاد للفطريات في أغلفة الجبن. كبريتيت البوتاسيوم وميتا كبريتيت البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم وميتا كبريتيت الصوديوم وثاني أكسيد الكبريت.

هذه المواد لا تستخدم مع اللحوم أو أي أغذية تعتبر مصدرا لفيامين ب₁ .

(3) مواد حافظة عامة:

حمض البنزويك - بنزوات الصوديوم - حمض الخليك - حمض الستريك - حمض الفوسفوريك - السوربيتول.

هذا وتنص القوانين والتشريعات الغذائية على ضرورة الإعلان عن المادة الحافظة الكيميائية المضافة ونسبتها على بطاقة العبوة وأن يكون ذلك بطريقة واضحة للمستهلك.

وبصفة عامة فإن انخفاض مقدار التلوث الميكروبي للمادة الغذائية وكذلك انخفاض درجة حرارة التخزين يساعد على استخدام المواد الحافظة بتركيزات منخفضة وتحقيق في نفس الوقت الهدف من استخدامها.

وفيما يلي نستعرض بشيء من التفصيل أهم المواد الكيميائية الشائع استخدامها في مجال حفظ الأغذية.

1) حمض البنزويك: Benzoic acid

وحسب تعريف المواصفات القياسية المصرية فإن حمض البنزويك عبارة عن بلورات عديمة اللون ابريه ورمزه الكيميائي $C_6H_5CO_2H$ ووزنه الجزيئي 122.12 .

ويعتبر حمض البنزويك وملاحه من المواد ذات الاستخدامات الواسعة في حفظ الأغذية. وقد واجه استخدام هذا الحمض ومشتقاته في الأغذية اعتراضات كثيرة نظراً لتأثيره السام ولكن التركيز المستخدم يعتبر العامل المحدد الذي يحسم الأمر بالنسبة لأي مادة مضافة للأغذية فملح الطعام مثلاً يمكن أن يصبح ساماً للإنسان لو تناوله بكميات كبيرة.

ويعزي التأثير الحافظ لجزئ حمض البنزويك نفسه والمعتاد إضافته للغذاء في صورة بنزوات الصوديوم حيث أنها أكثر ذوباناً في الماء. وتعرف بنزوات الصوديوم في المواصفات القياسية المصرية بأنها الملح الصوديومي لحمض البنزويك ورمزها الكيميائي $C_6H_5CO_2Na$ ووزنها الجزيئي 144.1. وتؤثر بنزوات الصوديوم بالتركيزات المستخدمة في الأغذية (0.1٪) أو أقل على الخمائر والفطريات بدرجة أكبر من البكتيريا. وكما سبق ذكره فإن الحمل الميكروبي للمادة الغذائية يؤثر على التركيز الحافظ المستخدم فمثلاً في حالة عصير الفاكهة المنتج من خامات ذات حمل ميكروبي منخفض يمكن استخدام حمض البنزويك بتركيز

0.05٪ كعامل حفظ بينما في حالة العصائر ذات درجة التلوث العالية يصل التركيز المؤثر إلى 0.1٪ - ودرجة حرارة التخزين تؤثر أيضا على كفاءة المادة الحافظة حيث وجد أن عصير التفاح المحتوى على البنزوات كمادة حافظة يمكن أن يظل على حالة جيدة لمدة شهر أو ستة أسابيع إذا حفظ على درجات حرارة منخفضة (32° ف). وتعتبر حموضة المادة الغذائية أو درجة الـ PH لها من العوامل الهامة التي تؤثر لدرجة كبيرة في كفاءة المادة الحافظة حيث ثبت أن التأثير القاتل لحمض البنزويك يزداد عشرة أضعاف في الأغذية الحامضية ذات درجة الـ PH التي تقترب من 3 عنه في حالة الأغذية المتعادلة. وتستخدم بنزوات الصوديوم عادة في حفظ عصائر الفاكهة والمحاليل السكرية والشراب الطبيعي والصناعي والمرجرين وغيرها وعند استخدامها بتركيز 0.1٪ قد تعطى طعم لاذاع ويلاحظ هذا الطعم بصفة خاصة في عصائر الفاكهة. وجدول (17) يوضح الحد الأقصى المسموح به من حمض البنزويك أو بنزوات الصوديوم محسوبة كحمض بنزويك في المنتجات الغذائية.

وهناك نوع من الثلج يتم تحضيره بإضافة حمض البنزويك إلى الماء المستخدم بتركيز 0.1٪ وعند استخدام هذا الثلج في تبريد الأسماك الطازجة فإنه يحافظ على صفات الجودة بها ولكن عند استخدامه في تبريد الأسماك التي تعرضت لحدوث الفساد فإنه يساعد في اختفاء رائحة الفساد وفي هذه الحالة يصبح استخدام المادة الحافظة بهذه الطريقة محل اعتراض.

جدول (17): الحد الأقصى المسموح به من حمض البنزويك أو بنزوات الصوديوم محسوبة كحمض بنزويك في المنتجات الغذائية:

الحد الأقصى المسموح به كجزء في المليون	اسم المادة الغذائية
1000	عصير العنب غير المتخمّر
120	المياه المعدنية المحلاة
1000	الخضار المخفلة وغيرها من المشهيات المجهزة
800	عصائر الفاكهة محلاة أو غير محلاة
2000	المنفحة السائلة
700	مركزات الشيكولاتة للشرب
2000	محاليل الألوان الغذائية المسموح بها
250	المربى المعبأة في عبوات لا تعامل حرارياً أو ذات القيمة الحرارية المنخفضة لتغذية مرضي السكر أو لغرض انقاص وزن الجسم والمرملاد والجيلي وشراب الفاكهة الطبيعي والشراب الصناعي.
1000	الصلصة الحريفة (الكاتشب)
100	المشروبات الغازية غير الكحولية

2- حمض البروبيونيك وحمض السوربيك:

يعتبر حمض البروبيونيك من أهم الأحماض العضوية ذات التطبيقات المتعددة في مجال حفظ الأغذية من الفساد الفطري بصفة خاصة. ويستخدم الحمض نفسه كمادة حافظة أو أحد أملاحه مثل بروبيونات الصوديوم أو بروبيونات الكالسيوم وتستخدم هذه المركبات بصفة أساسية في منتجات المخازن لمنع الفساد الفطري وظاهرة التحلل التي تنتج عن بعض أنواع البكتيريا في الخبز. كذلك استخدمت أملاح حمض البروبيونيك في معالجة الفاكهة والخضروات للتحكم في مهاجمة الفطريات والبكتيريا وهذه المعاملات لا تعتبر طريقة حفظ مستديمة ولكنها تؤدي فقط إلى إطالة فترة الصلاحية بالنسبة للأغذية سريعة الفساد.

ولا يقتصر استخدام البروبيونات على الأغذية ولكنها أيضا تضاف إلى مواد التعبئة للمساعدة في تثبيط الفطريات حتى لا تصبح العبوة مصدرا للتلوث.

وبالإضافة إلى حمض البروبيونيك فإن حمض السوربيك وأملاحه يعتبر أيضا من الأحماض الهامة التي تلعب دورا كبيرا في مجال حفظ الأغذية ويستخدم على نطاق واسع في تثبيط الفطريات في أنواع الجبن المختلفة وكذلك الفطريات المعتاد وجودها على اللحوم. كما استخدم أيضا في حفظ المرجرين المصنع من اللبن بتركيزات تعادل $\frac{1}{3}$ التركيزات اللازمة للحفظ باستخدام بنزوات الصوديوم. وقد وجد أن تأثير حمض السوربيك المثبط لنمو الفطريات يرجع إلى تثبيط انزيمات الديهيدروجينيز في الفطريات.

وتتأثر مقدرة حمض السوربيك بمستوى التلوث في المادة الغذائية ففي حالة وجود مستويات منخفضة من النمو الفطري فإن الحمض يظهر تأثير مثبط للنمو Fungistatic وربما يظهر تأثير قاتل للفطر Fungicidal. أما في حالة زيادة مستوى التلوث فإن حمض السوربيك قد يتم تمثيله بواسطة الفطريات ولا يظهر له أي تأثير مثبط.

ومن الناحية الصحية فإن الأبحاث العلمية أظهرت أن تمثيل حمض السوربيك في الحيوانات مشابه تماما لتمثيل حمض الكاربوك و قد اتخذ هذا كدليل على عدم وجود ضرر من حمض السوربيك عند استخدامه كمادة حافظة بالتركيزات المسموح بها.

3) ثاني أكسيد الكبريت: Sulphur dioxide

تعتبر المركبات المحتوية على الكبريت ذات فائدة عظيمة في مجال حفظ الأغذية. وقد استخدم ثاني أكسيد الكبريت في حفظ الأغذية من فترات طويلة ولا يزال يستخدم على نطاق واسع حتى الآن خاصة مع الأغذية ذات الأصل النباتي. وتأثيره السام ضد الفطريات والبكتريا أكثر منه في حالة الخمائر.

ويستخدم ثاني أكسيد الكبريت في حفظ مركبات الفاكهة بتركيزات تصل إلى 2000 جزء في المليون وحيث أن للغاز تأثير مثبط للانزيمات فإن له دورا كبيرا في المحافظة على لون المنتجات الغذائية المصنعة خاصة الأغذية المجففة وشرائح التفاح والبطاطس عن طريق تثبيط إنزيمات التلون البني بالإضافة إلى تثبيط الانزيمات المؤكسدة وبالتالي المحافظة على

الفيتامينات فيما عدا فيتامين ب₁ الذي يتعرض للتكسير نتيجة المعاملة بهذا الغاز. ومن ناحية أخرى فإن ثاني أكسيد الكبريت له تأثير مثبت للاصابات الحشرية.

وعند إعداد وتجهيز الأغذية المكبّرة للاستهلاك فإن معظم ثاني أكسيد الكبريت الموجود بالغذاء يتم التخلص منه حيث أنه يتصاعد بتأثير التسخين أو الغليان أثناء ترطيب الأغذية المجففة ويجب الحذر عند إجراء هذه العملية حتى لا يتعرض الإنسان لاستنشاق الأبخرة المتصاعدة وبعد انتهاء عملية الغليان فإن المتبقى من ثاني أكسيد الكبريت لا يتعدى جزء واحد في المليون.

ويتضح مما سبق أن عملية الكبريت تعتبر خطوة مساعدة في عملية حفظ الأغذية وليست طريقة مستقلة بذاتها وقد سبق ذكر كيفية إجراء عملية الكبريت ومصادر الغاز المستخدمة.

(4) المضادات الحيوية: Antibiotics

المضادات الحيوية عبارة عن مواد كيميائية تنتج بواسطة الأحياء الدقيقة نتيجة لعملية التمثيل الغذائي وهي ذات تأثير كبير في قتل أو تثبيط نمو الأحياء الدقيقة. وهناك بعض المواد ذات تأثير قاتل للأحياء الدقيقة وموجودة طبيعياً في بعض المواد الغذائية مثل التوابل ولا تعتبر هذه المواد ضمن المضادات الحيوية حيث تقتصر هذه التسمية على المركبات الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي للأحياء الدقيقة فقط.

ومنذ أن تم اكتشاف هذه المضادات الحيوية وهي تجدد اقبالاً متزايداً لاستخدامها في القضاء على الميكروبات المرضية التي تهاجم الإنسان والحيوان والنبات ويعتبر البنسلين والستربتوميسين من الأمثلة المعروفة ذات التطبيقات الواسعة في المجال الطبي وهناك مئات أخرى من هذه المضادات الحيوية معروفة ويتم استخدامها طبياً، ولكن في مجال حفظ الأغذية لم يتم التوسع في استخدامها بنفس القدر. والاعتراض الأساسي على استخدام هذه المركبات في حفظ الأغذية ينبع أساساً من إمكانية تأقلم بعض الميكروبات المرضية على هذه المضادات وتنتج منها سلالات مقاومة لتأثيرها فإذا ما أصيب الإنسان بميكروب منها يصبح استخدام المضاد الحيوي كدواء عديم الفائدة في هذه الحالة. وعموماً فإن استخدام المضادات الحيوية في حفظ الأغذية مرتبط بتوفر الشروط الآتية:

(1) لا بد أن يكون المضاد الحيوي المستخدم غير ضار بالإنسان وأن يكون قابلاً للتمثيل أو على الأقل قابلاً للهضم إلى مركبات غير ضارة يستطيع الجسم أن يفرزها ويتخلص منها.

(2) أن يكون اقتصادياً وسهلاً في استخدامه وكذلك يمكن الكشف عنه وتقديره بسهولة.

(3) أن يكون مؤثراً ضد الأحياء الدقيقة المفسدة بكافة أنواعها.

(4) أن يكون استخدام المضاد الحيوي ضرورياً بمعنى عدم وجود وسيلة أخرى أكثر ملائمة منه للهدف المطلوب.

ويعتبر النيسين Nisin المضاد الحيوي الرئيسي المسموح باستخدامه كمادة حافظة للأغذية وهو ينتج بواسطة سلالات معينة من ميكروب *Streptococcus lactis* وهو موجود طبيعياً في اللبن وبعض أنواع الجبن ووجوده يجعل هذه الجبن محصنة إلى حد ما ضد الفساد الناتج من البكتيريا المكونة للغازات التي تتبع جنس *clostridium* والذي يتسبب عنه حدوث تجايف أو تشققات في الجبن.

ويقف تأثير النيسين المثبط للنمو عند بعض الأنواع من الأحياء الدقيقة حيث أنه لا يؤثر على الفطريات أو الخمائر أو البكتيريا السالبة لصبغة جرام وإنما يؤثر فقط على أنواع معينة من البكتيريا الموجبة لصبغة جرام ولهذا فهو لا يصلح لأغراض الحفظ العامة وإنما يستخدم فقط مع الأغذية التي تحفظ بالمعاملة الحرارية مثل الأغذية المعلبة حيث يساعد في هذه الحالة في منع نمو جراثيم البكتيريا المقاومة للحرارة والتي تعتبر من الأنواع الموجبة لصبغة جرام.

والنيسين عبارة عن ببتيد عديد ويتم هضمه وامتصاصه بنفس الطريقة التي يتم بها هضم وامتصاص الببتيدات العديدة الأخرى وبالتالي فهو مأمون من الناحية الصحية. وأهم تطبيقاته في حفظ الأغذية اضافته إلى الجبن والكريمة المتخشرة والأغذية المعلبة ويكفي منه 2 - 3 جزء في المليون لمنع الفساد الناتج عن البكتيريا التابعة لجنس *Clostridium* و اضافته إلى الأغذية المعلبة يساعد أيضاً في منع الفساد الحامضي Flat Sour والفساد الغازي Swelling .

ومن المضادات الحيوية الأخرى المستخدمة في مجال حفظ الأغذية مركب الثيوبندازول Thiobendazole الذي يستخدم لمنع عفن القشرة في الموز وثمار الموالح. كذلك

التتراسيكلين Tetracycline الذي يضاف إلى الثلج بتركيزات صغيرة (5 جزء في المليون) ويستخدم هذا النوع من الثلج في حفظ الأسماك خلال فترة نقلها من أماكن الصيد إلى مراكز التسويق أو التصنيع كما يستخدم التتراسيكلين أيضا على نطاق كبير لزيادة فترة حفظ البط المنزوع الأحشاء في الولايات المتحدة الأمريكية حيث أن هذا البط سريع الفساد ولهذا يتم تبريده باستخدام ثلج يحتوي على 10 جزء في المليون من أوكسي تيتراسيكلين وتؤدي هذه المعاملة إلى تثبيط النمو البكتيري والكميات التي تبقى في البط المعامل بهذه الطريقة تصل إلى 1 - 2 جزء في المليون وبعد الطبخ تقل الكميات المتبقية بحيث يصعب اكتشافها في اللحم بينما المتبقي في الجلد يبلغ حوالى 0.4 جزء في المليون فقط.

(5) مضادات الأكسدة: Antioxidants

المواد الحافظة السابق الحديث عنها تقاوم الفساد الذي تتعرض له الأغذية عن طريق القضاء على الأحياء الدقيقة أو منع نموها وكذلك عن طريق تثبيط بعض الانزيمات المؤثرة على جودة الغذاء ولكنها لا تمنع الفساد الذي تتعرض له الأغذية نتيجة لتفاعلات الأكسدة بأكسجين الهواء الجوي. هذا النوع من الفساد تتعرض له الأغذية المرتفعة في محتواها من الدهون بصفة خاصة أثناء التخزين ويطلق عليه التزنخ Rancidity وينتج عن أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الجلسريدات الثلاثية المكونة للدهن وتكتسب الأغذية نتيجة لذلك رائحة غير مقبولة. وبالإضافة إلى ذلك فإن التفاعلات الأوكسيدية التي تحدث في الأغذية تؤدي أيضا إلى فقد بعض الفيتامينات مثل فيتامين (ج) وفيتامين (أ) وفيتامين (ك) والبيوتين.

وقد لوحظ أن بعض الأغذية الدهنية تحتوي على مركبات موجودة بصورة طبيعية من شأنها أن تؤخر أو تمنع حدوث التغيرات الأوكسيدية التي تسبب التزنخ وعرفت هذه المركبات باسم مضادات الأكسدة وأهمها التوكوفيرولات التي تنتشر بكثرة في أنسجة الخضروات الحاملة للزيت وإلى حد أقل في أنسجة الحيوانات. ولكن مثل هذه المركبات لا توجد عادة في الطبيعة بالكميات الكافية تماما لمنع التغيرات الأوكسيدية التي تحدث للغذاء أثناء تخزينه ولهذا فقد تم استخدام مركبات كيميائية تحقق نفس الهدف وقد عرفت التشريعات والقوانين الغذائية مضاد الأكسدة على أنه أي مادة قادرة على تأخير أو وقف أو منع حدوث التزنخ أو

أي فساد آخر في النكهة يرجع إلى الأكسدة في الأغذية. والجدير بالذكر أن هناك بعض المواد تؤدي هذا الغرض ولكنها من وجهة النظر القانونية لا تدخل في نطاق مضادات الأكسدة وهذه المواد تشمل الليثيسين والمحليات الصناعية المسموح بها ومواد التبييض والمواد الملونة ومواد الاستحلاب والمثبتات والمواد الحافظة. وقد سبق أن ذكرنا أيضا أن مضادات الأكسدة المسموح بها مستثناة من تقسيم المواد الحافظة.

وبالنسبة للمواد التي تسمح القوانين الغذائية باستخدامها كمضادات أكسدة وتركيزات محددة فإنها تشمل:

- Butylated hydroxyanisole BHA.
- Butylated hydroxytoluene BHT.
- استرات حامض الجاليك.
- Propyl, octyl or dodecyl gallate.
- التوكوفيرولات الطبيعية والصناعية.
- حمض الاسكوربيك وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم له.
- ثنائي فينيل أمين Diphenylamine.
- Ethoxyquin.

ويسمح باستخدام هذه المركبات بتركيزات بسيطة تكفي لتأخير أو منع حدوث التزنخ وعلى سبيل المثال فإن إضافة الـ BHA إلى شحم الخنزير بنسبة 100 جزء في المليون يؤدي إلى زيادة فترة الحفظ من شهور قليلة إلى سنتين أو ثلاث سنوات.

6) النترات والنيتريت: Nitrate and Nitrite

تستخدم نترات أونيتريت الصوديوم أو البوتاسيوم كمواد ذات تأثير حافض ومحسن للون اللحوم ومنتجاتها وبعض أنواع الجبن. وقد تضاف هذه الأملاح في صورة نيتريت أو خليط من النترات والنيتريت وعموما فإن النترات تختزل أيضا إلى نيتريت بفعل انزيمات البكتريا الموجودة في اللحوم.

ومن ناحية التأثير الحافض لهذه الأملاح فقد وجد أنها ذات تأثير فعال في تثبيط نمو

ميكروب *Clostridium botulinum* المسئول عن الحالات المميتة من التسمم الغذائي. وفي حالة اللحوم المعلبة المحفوظة بالمعاملة الحرارية فإن استخدام النيتريت يجعل استهلاك هذه اللحوم أكثر أماناً خاصة في العلب كبيرة الحجم حيث يصبح هناك احتمال عدم كفاية المعاملة الحرارية في القضاء على جراثيم هذه البكتيريا المقاومة للحرارة.

وبالنسبة لدور هذه الأملاح في تحسين اللون نجد أنها ترتبط مع مركبات الهيموجلوبين والميوجلوبين وينتج عن ذلك تكون مركبات لونها أحمر هي النيتروسو هيموجلوبين والنيتروسوميوجلوبين على التوالي وهذه المركبات هي المسئولة عن اللون الأحمر الناصع لمنتجات اللحوم المعالجة وتتكون هذه المركبات بسرعة أكبر في حالة إضافة هذه الأملاح في صورة نيتريت بدلاً من النترات.

ومن الناحية الصحية فإن إضافة هذه الأملاح إلى الأغذية تواجه اعتراضات كثيرة حيث أن جزء من النيتريت المضاف يتفاعل مع الأمينات في منتجات اللحوم وينتج عن هذا التفاعل مركب سام من المحتمل أن يؤدي إلى الإصابة بالسرطان ويعرف هذا المركب باسم النيتروز أمين. وعموماً لا توجد أدلة مؤكدة على أن التركيزات البسيطة المستخدمة من هذه الأملاح في الغذاء كمادة حافظة (500 جزء في المليون من النترات و 200 جزء في المليون من النيتريت كحد أقصى) يمكن أن تسبب أضراراً للإنسان وعلى هذا فإن استخدامها في معالجة اللحوم مسموح به في أماكن كثيرة إلى أن يثبت ضررها بالدليل القاطع على أن يكون هذا الاستخدام فقط في نطاق التركيزات التي تؤدي إلى تثبيط نمو ميكروب الـ *Clostridium botulinum*.

ومن ناحية أخرى فإن منع استخدام هذه الأملاح في حفظ الأغذية لا يعني أننا قد تجنبنا أخطارها تماماً حيث أن النترات تستخدم على نطاق واسع كسماد لمختلف المحاصيل الزراعية وهكذا فإنها يمكن أن تصل إلى مصادر المياه وإلى الفاكهة والخضروات وبالتالي فإن منع استخدام هذه الأملاح في معاملة الأغذية لابد وأن يرتبط أيضاً بالحد من استخدامها في التسميد. وعموماً فإن بعض الأبحاث قد أوضحت أن تكوين النيتروز أمين في لحم الخنزير يمكن تثبيطه باستخدام حمض الاسكوربيك ولو أمكن تأكيد هذا وامتد هذا التأثير إلى منتجات اللحوم الأخرى فإن هذا قد يحل المشكلة.

(7) مواد التبخير: Fumigants

مواد التبخير مثل بروميد الميثايل ومركبات الايبوكسيد (أو أكسيد الايثيلين أو البروبيلين). تستخدم الآن على نطاق واسع في معاملة الكميات الكبيرة من الأغذية أثناء التخزين حيث تقضى هذه المواد على الحشرات والآفات التي قد تهاجم الأغذية المخزنة وتؤدي إلى اتلافها أو فسادها. والمثال الشائع على ذلك هو تبخير الحبوب الغذائية المخزنة في الصوامع مثل القمح والذرة والشعير وغيرها.

كذلك أمكن تطوير الطرق والمواد المستخدمة بحيث يمكن أن تقضي على الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة في الخامات ذات النكهة الحساسة للحرارة العالية مثل التوابل والشييكولاتة وبودرة الكاكاو حيث أن وجود البكتيريا المحبة للحرارة في بودرة الكاكاو يجعل من الصعب انتاج مشروب الشيكولاتة باللبن المملح حيث يتطلب الأمر إجراء عملية التعقيم على درجات حرارة عالية قد تؤدي إلى تغير الطعم وتؤثر على صفات الجودة للمشروب الناتج. ولهذا فإن الدمج بين التبخير والتعقيم يعطى نتائج جيدة في مثل هذه الحالات فيتم أولاً قتل البكتيريا المحبة للحرارة باستخدام أكسيد الايثيلين ثم تجرى عملية التعليب والتعقيم.

(8) مواد ذات استخدامات خاصة:

وبخلاف ما سبق هناك العديد من المواد الأخرى ذات الاستخدامات الخاصة في مجال تصنيع وحفظ الأغذية ومن أمثلة هذه المركبات غاز الكلور أو هيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم وهي تستخدم في تطهير ماء الشرب والقضاء على البكتيريا المرضية الملوثة له. وكذلك تستخدم في معاملة الماء المستخدم في مصانع الأغذية للأغراض المختلفة مثل الغسيل أو التقشير أو التبريد ... إلخ.

كذلك غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يستخدم كعامل حفظ مساعد لحفظ الأغذية بالتبريد وقد سبق ذكر دوره في إطالة مدة الحفظ للحوم المبردة بالإضافة إلى استخدامه في المياه الغازية حيث وجد أن تأثيره الحافظ يزداد على الضغوط العالية أكثر منه في الضغط الجوي العادي كما أنه يستخدم كمادة حفظ أساسية في فراغ عبوات البسكويت غير المخبوز حيث يؤدي هذا إلى إطالة فترة التخزين على درجات الحرارة المنخفضة وهناك أيضاً استخدامات فسيولوجية لغاز ثاني أكسيد الكربون حيث يمكن التحكم في عملية النضج للفاكهة الطازجة عن طريق التحكم في نسبة الغاز في جو غرف التخزين.

أيضاً فوق أكسيد الأيدروجين الذي يوجد طبيعياً في كثير من الانسجة الحية والذي يتحلل بواسطة انزيم الكتاليز إلى جزيء ماء واكسجين ذري يستخدم الآن مع بعض الأغذية السائلة التي تعامل حرارياً بالتعقيم أو البسترة كعامل مساعد في عملية الحفظ وذلك كما في حالة اللبن المعقم حيث يضاف إلى اللبن بنسبة 0.1% ثم تجرى عملية التعقيم لعدة دقائق ثم يضاف انزيم الكتاليز لتحليل المتبقى من فوق أكسيد الأيدروجين ثم يسخن اللبن لتثبيط الانزيم ويعبأ في العبوات المعقمة ويساعد فوق أكسيد الأيدروجين في القضاء على الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة. والاعتراض الأساسي على استخدامه في مثل هذه التطبيقات هو التلف الذي قد يحدث للمادة الغذائية من الأكسجين الذري الذي ينطلق عند تحليل الكميات الزائدة باستخدام انزيم الكتاليز.

وأخيراً يجب أن نلاحظ أن معظم المواد الكيماوية السابق ذكرها والمستخدمه في معاملة الأغذية وسواء كانت مدرجة ضمن المواد الحافظة أو غير مدرجة لا تكفي وحدها كعامل حفظ وإنما في أغلب الأحوال تستخدم كعامل مساعد لطرق الحفظ المختلفة أو لتوفير الاشتراطات الصحية المناسبة سواء أثناء التصنيع أو التخزين.

المراجع

- Cook, D. J. and Binstead, R. (1975). Food Processing Hygiene. Food Trade Press, Orpington.
- Fox, B. A. and Cameron, A. G. (1989). Food Science Nutrition and Health 5th ed. London.
- Halligan, A. C. (1987). Food Spoilage, The Role of Microorganisms. Leatherhead Food Research Association.
- Institute of Food Science and Technology (1988). Preservation in Food. London.
- Tilbury, R. H. (1980) Developments in Food Preservatives. vol. I. Applied Science, Barking.
- Thorne, S. (1986). The History of Food Preservation. Parthenon Publishing Group, Carnforth, Lancs.
- Troller, J. A. (1993). Sanitation in Food Processing 2 nd. ed. Academic Press, New York.



الفصل الثامن

حفظ الأغذية بالإشعاع

الدكتور محمود علي بخيت

حفظ الأغذية بالإشعاع

استخدام الإشعاع في حفظ الأغذية يعتبر من أحدث الطرق في هذا المجال رغم أن تأثير الإشعاع على الأحياء الدقيقة معروف من سنين طويلة. وتعتبر الأشعة المتأينة Ionizing radiation أكثر الأنواع تطبيقاً في مجال حفظ الأغذية وتنقسم بدورها إلى نوعين أساسيين:

(1) الإشعة الإلكترونية ذات الطاقة العالية:

The high-energy electron beam

وهي عبارة عن موجات من الإلكترونات تنتج بواسطة أجهزة خاصة تقوم بتعطيم الذرة مثل الـ Cyclotron أو الـ Linear accelerator وكما هو معروف فإن هذه الإلكترونات تحمل شحنة سالبة وتقوم هذه الأجهزة بزيادة سرعتها إلى أقصى درجة وبالتالي تزداد طاقتها. ومن أمثلتها أشعة بيتا وأشعة الكاثود.

(2) الإشعة الكهرومغناطيسية: Electromagnetic radiation

وتنتج هذه الأشعة من خلال انحلال النظائر المشعة مثل الكوبالت - 60 الذي يمكن الحصول عليه عن طريق تشعيع معدن الكوبالت في المفاعلات النووية وكذلك السيزيوم - 137 الذي يعتبر أحد نواتج انشطار عناصر الوقود المستخدم في المفاعلات النووية. ومن أمثلة هذه الأشعة الكهرومغناطيسية أشعة أكس وأشعة جاما.

وكلا النوعين السابقين من الأشعة له تأثير قاتل للأحياء الدقيقة ولكن استخدام الأشعة الإلكترونية في مجال حفظ الأغذية محدود ويرجع هذا إلى ضعف قدرتها على اختراق وتخلل المادة الغذائية فمثلاً الإلكترونات التي يصل محتواها من الطاقة إلى 3 مليون إلكترون فولت تتخلل فقط مسافة نصف بوصة من المادة الغذائية بينما تستطيع الأشعة

الكهرومغناطيسية مثل أشعة جاما أن تتخلل المادة الغذائية لمسافة أكبر كثيراً بالإضافة إلى ذلك فإن أجهزة إنتاج الأشعة الالكترونية مكلفة جداً في حين أن النظائر المشعة التي تنتج الأشعة الكهرومغناطيسية يسهل الحصول عليها وبتكلفة أقل خاصة أن بعضها يعتبر من النواتج الثانوية للمحطات النووية مثل السيزيوم ويعتبر الراد Rad هو وحدة قياس الإشعاع ومضاعفاته هي الكيلو راد (Kilorad (K rad والميجاراد (Megarad (M rad .

هذا وتنقسم المعاملات الإشعاعية المستخدمة في مجال حفظ الأغذية إلى ثلاثة أنواع رئيسية حسب جرعة الإشعاع المستخدمة وهذه الأنواع هي:

1) Radappertization :

في هذه المعاملة تستخدم جرعات من الإشعاع تكفي للقضاء على كل أنواع الأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء وينتج عنها درجة من التعقيم للمادة الغذائية تعادل ما ينتج عن المعاملة الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية بالتعليب حيث يتم اختزال اعداد جراثيم بكتريا Clostridium botulinum بمقدار 10^{12} ولعل هذا هو السبب في أن الاصطلاح الذي يعبر عن هذه المعاملة يتضمن اسم العالم الفرنسي Appert الذي اكتشف عملية التعقيم الحراري للأغذية. وتصل جرعة الإشعاع المستخدمة إلى 4.8 ميجا راد والطاقة اللازمة لتعقيم الأغذية بالإشعاع تعادل $\frac{1}{50}$ من الطاقة اللازمة للتعقيم باستخدام الحرارة وهذا يعني أنه يمكن تعقيم الأغذية بهذه الطريقة دون أن ترتفع درجة حرارتها أكثر من 5° ف وهذا ما يسمى بالتعقيم على البارد Cold sterilization .

2) Radurization :

ويطلق هذا الاصطلاح على المعاملة الإشعاعية التي تختزل عدد الأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء إلى الحد الذي يؤدي إلى زيادة فترة الصلاحية وهذه المعاملة تقارب في تأثيرها عملية البسترة. والجرعة المستخدمة تصل إلى عدة مئات من الكيلو راد ويتطلب الأمر تخزين الغذاء المعامل على درجات حرارة منخفضة بحيث يمكن التحكم في نمو الأحياء الدقيقة التي قد تقاوم تأثير الجرعات المستخدمة خاصة أن بعض سلالات بكتريا التسمم البوتيوليني تستطيع أن تنمو على درجات حرارة 41° ف وربما أقل. ويجب ملاحظة أن وقف أو تأخير

الفساد الميكروبي ليس العامل الوحيد الذي يؤثر على فترة الصلاحية للغذاء وإنما هناك أيضا التغيرات الإنزيمية والتفاعلات الكيميائية خاصة وأن الإشعاع قد يؤدي إلى زيادة معدل حدوث بعض التفاعلات مثل الترنخ الأوكسیدی ولهذا نجد أن فترة صلاحية الغذاء المتوقعة حسب المؤشرات الميكروبيولوجية تقل عند أخذ العوامل الأخرى في الاعتبار.

:Radicidation (3

وفي هذه الحالة تستخدم المعاملة الإشعاعية بهدف القضاء على ميكروب مرضى معين مثل السالمونيلا كما يحدث مثلا عند تشعيع الإغذية المجمدة أو المجففة وهنا لا يكون الهدف من استخدام الإشعاع حفظ الإغذية أو إطالة فترة التخزين وإنما القضاء على الميكروبات المرضية.

وقبل أن نستطرد في الحديث عن تطبيقات الإشعاع في مجال حفظ الإغذية لابد أن نفرق بين التلوث الإشعاعي للإغذية وبين معاملة الغذاء بالإشعاع لغرض الحفظ.

التلوث الإشعاعي للإغذية يعني تلوث الغذاء ببعض جزيئات المواد ذات النشاط الإشعاعي Radioisotopes. ولتوضيح هذا الأمر نستعرض ما يجري عند حدوث انفجار نووي كما حدث في الإتحاد السوفيتي في مفاعل تشيرنوبيل من سنوات قريبة. عند حدوث مثل هذه الانفجارات فإن ذرات المعادن الثقيلة مثل اليورانيوم تنقسم إلى جزيئات صغيرة تسمى نواتج الانشطار وهذه النواتج تعتبر نظائر غير ثابتة للمعادن الموجودة في الطبيعة وخلال فترة من الزمن تتحول إلى نظائر ثابتة وهذا التحول يكون مصحوبا بانبعثات إشعاعية. وفي بداية الانفجار فإن نواتج الانشطار هذه تنتشر في الفضاء على ارتفاعات عالية جدا ثم تبدأ في السقوط إلى أسفل ببطء ويستغرق سقوطها سنوات عديدة وتنتشر خلال هذه الفترة في مساحات كبيرة وأخيرا تصل إلى التربة وما ينمو عليها من زراعات وقد تمتص بواسطة النباتات النامية وعندما يستهلك الإنسان هذه النباتات سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة (استهلاك لحوم حيوانات تغذت على هذه النباتات) فإن هذه النواتج ذات النشاط الإشعاعي تمتص وتدخل في تركيب أنسجة الجسم وبالتالي فإن الإشعاعات المنبعثة منها داخل الجسم تصبح مصدر خطورة كبيرة وتسبب أضرارا جسيمة للإنسان. ومن أمثلة هذه النواتج الإنشطارية الضارة سترونتيم - 90

(90 - Strontium) وسيزيوم - 137، وكربون - 14. والأول يشابه من الناحية الكيميائية عنصر الكالسيوم ويمتص في جسم الإنسان بنفس طريقة امتصاص الكالسيوم وبالتالي فإنه يدخل في تركيب العظام ونفس الأمر بالنسبة للحيوانات بالإضافة إلى وصوله إلى اللبن وهكذا يصل أيضاً للإنسان. كذلك السيزيوم - 137 يعتبر مشابهاً للصدوديوم والبوتاسيوم ويتم تمثيله في جسم الإنسان بنفس طريقة تمثيل الصدوديوم والبوتاسيوم. ويمكن أن تتصور مدى خطورة هذه النظائر المشعة إذا علمنا أن فترة النشاط الإشعاعي لها تستمر مئات وربما آلاف السنين قبل أن تتحول إلى صورة ثابتة غير مشعة.

وبخلاف تلوث المادة الغذائية بجزيئات المواد ذات النشاط الإشعاعي فإن تعرض الغذاء لجرعات عالية من الإشعاع ولمدة طويلة قد يؤدي إلى أن يكتسب الغذاء نفسه نشاطاً إشعاعياً وهنا أيضاً يصبح استهلاكه ضاراً بالصحة. ولهذا عند معاملة الأغذية بالإشعاع تستخدم جرعات محددة لا ينتج عنها اكتساب الغذاء للنشاط الإشعاعي ويشترط أن تقل طاقة الإشعة المستخدمة عن 5 مليون إلكترون فولت. وعلى سبيل المثال فإن طاقة الإشعاع الناتج عن الكوبالت - 60 وهو العنصر المشع المعتاد استخدامه في مجال الأغذية تبلغ فقط حوالي $\frac{1}{4}$ هذه الكمية ولهذا لا يوجد خطر منها.

وعن تطبيقات الإشعاع في مجال حفظ الأغذية يمكن القول أن تأثير الإشعاع لا يقتصر على القضاء على الأحياء الدقيقة وإنما يمتد تأثيره أيضاً إلى الحشرات والآفات التي قد تصيب الأغذية المخزنة ويعتبر تشجيع الحبوب من التطبيقات الجيدة في هذا المجال. كذلك للإشعاع تأثير على الطفيليات التي تصيب بعض الأغذية مثل يرقات *Trichina spiralis* التي تصيب اللحوم وتسبب للإنسان مرضاً يشبه التيفود يسمى التريخينية *Trichinosis* وبالإضافة إلى ذلك فإن للإشعاع أيضاً بعض التأثيرات الفسيولوجية حيث يمكن تثبيط عملية الإنبات التي تتعرض لها البطاطس أثناء التخزين بالمعاملة بجرعات منخفضة من الإشعاع (جدول 23).

ونلاحظ أن الجرعة القاتلة للإنسان عند تعرضه للإشعاع مباشرة حوالي 0.7 كيلو راد وهي أقل كثيراً من الجرعات المستخدمة في حفظ الأغذية. وعموماً فإن استهلاك الأغذية المعاملة بالإشعاع غير مسموح به في بعض الدول حتى الآن مثل المملكة المتحدة بينما

يستخدم الإشعاع في الولايات المتحدة الأمريكية كعامل حفظ مساعد في منتجات لحوم الخنزير المعالجة وكذلك يستخدم في تطهير حبوب القمح ومنتجاتها وتثبيت عملية الإنبات في البطاطس وتثبيت الأحياء الدقيقة على سطح ثمار البرتقال.

جدول (18): جرعات الإشعاع المستخدمة لمعاملة بعض أنواع الأغذية

نوع الغذاء	الهدف من المعاملة	مستوى الجرعة بالكيلو راد
البطاطس	تثبيت الإنبات	10 - 5
اللحوم	القضاء على الطفيليات	10
اللحوم	القضاء على السالمونيوم	650
اللحوم	التعقيم	4800
السّمك	اطالة فترة الصلاحية	300
القمح	القضاء على الآفات	20
البرتقال	تطهير السطح الخارجي	200 - 75

وجدير بالذكر أن تثبيت النشاط الانزيمي يتطلب عادة جرعة تعادل 5 - 10 أضعاف الجرعة اللازمة للقضاء على الأحياء الدقيقة ولهذا من الأفضل أن يتم تثبيت الانزيمات بوسيلة أخرى واستخدام المعاملة الإشعاعية التي تكفى للقضاء على الأحياء الدقيقة فقط.

تأثير المعاملة بالإشعاع على المادة الغذائية:

تتأثر المواد الغذائية عند معاملتها بالإشعاع وتعرض لبعض التغيرات في صفاتها ويتوقف هذا على نوع الإشعاع والجرعة المستخدمة وكذلك الظروف البيئية المحيطة بالغذاء فمثلا وجود الاكسجين يؤدي إلى زيادة حساسية البكتريا للإشعاع 2 - 3 أضعاف ودرجة حرارة المادة الغذائية تؤثر أيضا على فاعلية الإشعاع فإذا كانت المادة الغذائية على حالة مجمدة فإن هذا يقلل من تأثير الإشعاع على صفات الغذاء ويقلل كذلك من تأثيره على خلايا البكتريا. بالإضافة إلى ذلك فإن تركيب الغذاء نفسه قد يوفر بعض الحماية للأحياء الدقيقة من تأثير الإشعاع عليها فقد لوحظ أن هذه الأحياء الدقيقة تقاوم تأثير الإشعاع بدرجة أكبر في البيئة العضوية عنها في حالة غير العضوية.

بصفة عامة فإن البروتين في الأغذية يتأثر بالإشعاع حسب الجرعة المستخدمة حيث يتعرض إلى فتح السلاسل الببتيدية وانفجار الجزيئات ويتبع ذلك حدوث بلمرة للأجزاء الناتجة ومع الجرعات العالية من الإشعاع يمكن أن تحدث تغيرات في التركيب الطبيعي للبروتين وهو ما يعرف بالـ Denaturation وقد يحدث ترسيب للبروتين. وتعتبر هذه التغيرات مشابهة تقريبا لما يحدث بفعل الحرارة العالية. وقد وجد أن الإشعاع يؤدي إلى اختزال سمك اليوميون البيض وهذا الفقد في السمك يؤثر على جودة البيض المحمر والمسلوق كما أنه يسبب حدوث متاعب عند تدريج البيض اعتمادا على سمك الاليوميون.

وتتعرض الأحماض الأمينية إلى فقد مجموعات الأمين وتنتج رائحة الامونيا تبعا لذلك. كذلك تتعرض الأحماض الأمينية الحلقية إلى تكسير التركيب الحلقي. كما تتطاير المركبات المحتوية على الكبريت نتيجة لتكسير الأحماض الأمينية الكبريتية وبعد هذا سببا للرائحة التي تصاحب المواد الغذائية المشعة.

وتعتبر الفيتامينات من المركبات الحساسة بصفة عامة للإشعاع والفقد الذي يحدث فيها يماثل تقريبا الفقد الذي يحدث بتأثير المعاملات الحرارية ويعتبر فيتامين (ك) أكثرها تأثرا.

وبالنسبة للدهون النباتية أو الحيوانية فإن الإشعاع يؤدي إلى تكسير محتواها من مضادات الأكسدة الموجودة بصفة طبيعية كما تتكون البيروكسيدات وتظهر الأحماض ومركبات الكربوكسيل ويرتفع نتيجة لذلك كله الرقم الحمضي ورقم البيروكسيد.

وتؤثر المعاملة بالإشعاع أيضا على الصبغات الموجودة في المادة الغذائية حيث تتعرض الفاكهة والخضروات الملونة إلى بعض الفقد في اللون.

هذا وقد أظهرت الأبحاث أن معظم هذه التأثيرات السلبية على مكونات الغذاء ترجع إلى الشقوق الحرة النشطة التي تتكون عند اختراق الأشعة للغذاء حيث تؤدي إلى تحلل الماء إلى مجموعات OH تتحد مع بعضها وينتج عن ذلك جزيئات من بيروكسيد الأيدروجين كما يتحد الأيدروجين مع الأكسجين الذائب في وسط الغذاء مكوناً بيروكسيدات (H₂O₂) والتي تتحد هي الأخرى مع بعضها مكونة أيضا بيروكسيد الأيدروجين وانطلاق غاز الأكسجين. بيروكسيد الأيدروجين الناتج وكذلك الشقوق الحرة الناتجة من انحلال الماء تؤثر على التركيب الجزيئي للمواد العضوية في الغذاء وتتفاعل معها الأمر الذي ينتج عنه التغيرات التي تحدث في مكونات الأغذية وكذلك التغيرات التي تحدث في الخلايا الحية والتي تؤدي إلى

موتها. ولهذا فإن الجهود المبذولة لتقليل تلك التغيرات في مكونات الغذاء تهدف إلى الحد من تكون هذه الشقوق الحرة وتقليل التفاعلات الممكن حدوثها بينها وبين مكونات الغذاء وفي هذا الصدد يمكن معاملة الغذاء بالإشعاع وهو في الحالة المجمدة حيث يقل تكون الشقوق الحرة وكذلك يحد التجميد من انتشارها وهجرتها إلى مكونات الغذاء وهكذا يمكن الحد من التغيرات غير المرغوبة. كذلك إجراء المعاملة تحت تفريغ أو في وجود غاز حامل وهكذا فإن عدم وجود الأكسجين سوف يحد من تكون بيروكسيد الأيدروجين ولكن يجب ملاحظة أنه في كلا الحالتين سوف يقل أيضاً تأثير الإشعاع على الأحياء الدقيقة. والطريقة الأفضل هي إضافة المواد ذات القدرة على ربط الشقوق الحرة مثل حمض الاسكوربيك وهذا يسهل عمله مع الأغذية السائلة ولكن يصعب ذلك مع الأغذية الصلبة.

العوامل المحددة لجرعة الإشعاع المستخدمة:

1- الأمان وسلامة الغذاء:

الغذاء المعامل بالإشعاع لابد أن يكون آمناً من الناحية الميكروبيولوجية ولا بد أيضاً من ضمان عدم التأثير على قيمته الغذائية بطريقة جوهرية وأن تكون الجرعة المستخدمة لا تسبب تكون مواد سامة أو مسرطنة ولا تؤدي إلى اكتساب الغذاء للنشاط الإشعاعي وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في هذا المجال سلامة الغذاء من كل هذه الأمور خاصة مع الجرعات القليلة المستخدمة للبسترة وقتل الحشرات وتثبيط الإنبات.

2- مقاومة الأحياء الدقيقة:

كما في حالة المقاومة للحرارة العالية فإن ميكروب *Clostridium botulinum* يعتبر أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للإشعاع رغم أن بعض الفيروسات والأحياء الدقيقة مقاومتها أيضاً عالية إلا أنه يمكن القضاء عليها بسهولة بالحرارة قبل إجراء المعاملة بالإشعاع. عموماً هناك بعض العوامل التي تساعد الإشعاع في القضاء على هذا الميكروب مثل درجة PH التي تقل عن 4.6 ووجود الهواء ومستوى الرطوبة المنخفض. وفي حالة غياب هذه العوامل فلا بد من تطبيق المستوى من الإشعاع الذي يكفل القضاء على هذا الميكروب والذي يصل إلى 4.8 ميجاراد في حالة اللحوم بينما في حالة انخفاض درجة الـ PH للغذاء عن 4.6 فإن ميكروب الـ *Clostridium botulinum* لا يمثل مشكلة ويكفى استخدام جرعة من الإشعاع تصل إلى 2.4 ميجاراد للقضاء على أنواع الميكروبات الأخرى المسببة لفساد الغذاء.

3- مقاومة الغذاء:

التركيب الكيميائي والطبيعي للأغذية والذي يختلف كثيراً من غذاء إلى آخر يحدد المستوى من المعاملة الإشعاعية التي يمكن تطبيقها دون أن تؤثر على قابلية الغذاء للاستهلاك. وقد وجد أن الدجاج ولحم الخنزير والجمبري يمكن معاملة بالإشعاع حتى مستوى التعقيم (4.8 ميجا راد) وفي بعض الحالات قد تتكون رائحة غير مرغوبة ولكنها غالباً تختفي أثناء التخزين. بعض الخضراوات أيضاً تتحمل نفس الجرعة بينما الفاكهة تتحمل جرعة تصل إلى 2.4 ميجا راد. الأغذية الحساسة للمعاملة بالإشعاع مثل السمك وبعض أنواع اللحوم والفاكهة تتحمل المعاملة بمستوى البسترة في حدود 10^5 - 10^6 راد.

4- مقاومة الإنزيمات:

كما سبق ذكره فإن مقاومة الإنزيمات للإشعاع عالية جداً ونحتاج إلى معاملة الغذاء بجرعات تصل إلى 20 ميجاراد وهذه الجرعة العالية سوف تؤدي إلى تغيرات جسيمة في الغذاء تجعله غير مقبول للاستهلاك ولهذا يتم القضاء على النشاط الإنزيمي بأي وسيلة أخرى مثل السلق.

5- التكلفة:

الجرعات العالية من الإشعاع يتم الحصول عليها باستخدام مصادر إشعاع قوية أو عن طريق إطالة مدة التعرض وفي الحالتين سوف يؤدي ذلك إلى زيادة التكلفة وحسب نوع الغذاء قد تكون المعاملة بمستوى البسترة مناسبة من الناحية الاقتصادية بينما زيادة المعاملة إلى مستوى التعقيم قد لا تكون كذلك. كذلك نجد أن بعض الأغذية يكون حفظها بالطرق الأخرى المعتادة أقل في التكلفة وفي هذه الحالة لا تكون هناك حاجة ماسة لاستخدام الإشعاع. ومن ناحية أخرى فإن استخدام المعاملة الإشعاعية كعامل حفظ مساعد يكون أحياناً مفيداً لدرجة كبيرة في بعض الحالات فمثلاً استخدام جرعات الإشعاع التي تحقق تأثير البسترة يؤدي إلى زيادة فترة الصلاحية للأغذية المحفوظة بالتبريد مثل الأسماك واللحوم والفاكهة والخضراوات من عدة أيام قليلة إلى عدة أسابيع. كذلك فإن المعاملة بالإشعاع للقضاء على الميكروبات المرضية مثل السالمونيلا في الدجاج ومنتجاته وبكتريا القولون في

اللحوم المفرومة يكون مفيداً في الحد من مخاطر الإصابة بهذه الميكروبات وما ينتج عنها من حالات مرضية.

مستقبل المعاملة بالإشعاع في حفظ الأغذية:

استخدام الإشعاع في حفظ الأغذية يتم في معظم الدول التي تجيز استخدامه من خلال التطبيقات التي تسمح بها منظمة الأغذية والأدوية العالمية حيث تحدد المنظمة نوع الغذاء المسموح بمعاملته وكذلك جرعة الإشعاع المستخدمة ومثال ذلك معاملة الفاكهة والخضروات بجرعات تكفي لقتل الآفات أو تثبيط الإنبات أو تأخير النضج وكذلك البطاطس كما أجازت المنظمة تشييع الدواجن ولحم الخنزير والتوابل بهدف اختزال عدد الأحياء الدقيقة. وفي كل الأحوال لابد من النص في بيانات البطاقة الملصقة على الغذاء على أن الغذاء معاملة بالإشعاع.

وعموماً فإن استخدام الإشعاع في مجال حفظ الأغذية لا يزال مثار جدل تختلف حدته من مكان لآخر ومازال من الصعب حتى الآن وضع قواعد وقوانين ثابتة لهذه العملية وغالبية الدول تعتمد على ما تجيزه منظمة الأغذية والأدوية من المعاملات الإشعاعية وأخيراً يمكن القول أن استخدام الإشعاع كوسيلة لحفظ الأغذية يحتاج إلى المزيد من الأبحاث والدراسات وحتى الآن لم يثبت حدوث أي أضرار من الناحية الصحية نتيجة استهلاك الأغذية المعاملة بالإشعاع حتى بالجرعات التي تؤدي إلى تعقيم الغذاء (Radappertization).

المراجع

- Derr, D. D. (1993). Food irradiation: What is it? Where is it going? Food Nutr. News 65 (1), 5 - 6.
- Diehl, J. F. (1990). Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, New York.
- Diehl, J. F. (1992) Food irradiation: Is it an alternative to chemical preservatives? Food Addit Contam. 9 (5), 409 - 416.
- Diehl, J. F. (1993) Will irradiation enhance or reduce food safety? Food Policy 18(2), 143 - 151.
- Fellows, P. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice. sec.ed, woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. Cambridge. Englad.
- Loaharanu, P. and Thomas, P. (2001). Irradiation for food safety and Quality. Proceedings of FAO/IAEA/WHO - International; conference on Ensuring the Safety and Quality of Food through Radiation Processing.
- Mason, J. O. (1992) Food irradiation promising technology for public health. Public health Rep. 107 (5), 489 - 490.
- Potter, N. N. and Hotch kiss, J. H. (1995). Food Science. 5 th. ed. Chapmen & Hall m New York.
- Robins, D. 1991. The Preservation of Food by Irradiation: A Factual Guide to the Process and its Effect on Food. IBC Technical Services, London.

- Thayer, D. W. (1990) Food irradiation: Benefits and concerns, J. Food Qual. 13 (3), 147 - 169.
- Thomas, M. H. (1988). Use of ionizing radiation to preserve food. In Nutritional Evaluation of Food Processing. 3rd ed. E. Karmas and R. S. Harris (Editors). Chapman & Hall, London, New York.
- Thorne, S. (Editor). 1991. Food Irradiation, Chapman & Hall, London, New York.
- Truswell, A. S. (1987) Food irradiation. Br. Med J. 294 (6585), 1437 - 1438.
- World Health Organization. (1988) Food Irradiation: A Technique for Preserving and Improving the Safety of Food. World Health Organization, Geneva.



الفصل التاسع

المضافات الغذائية

الدكتور سعد أحمد حلابو

المضافات الغذائية

مقدمة:

نظراً للزيادة العددية في سكان العالم وازدياد وتنوع احتياجاتهم الغذائية وكذلك مع تطور تصنيع الأغذية وتعبئتها في السنوات الأخيرة الأمر الذي يتطلب المحافظة عليها خلال عرضها للاستهلاك.

هذا بالإضافة إلى طول المسافة ما بين المنتج والمستهلك وأيضاً زيادة الفترة الزمنية ما بين الحصاد والتصنيع بحيث لا يمكن المحافظة على طزاجة الغذاء.

كل ذلك أدى إلى ازدياد الحاجة إلى استخدام مواد مختلفة تضاف إلى الأغذية سواء الخام أو نصف المصنعة أو المصنعة بقصد إطالة فترة صلاحية الأغذية أو إكسابها صفات أو خواص مميزة تساعد على تسويق هذه الأغذية وجعلها أكثر قبولاً وجاذبية وانتشاراً لدى جمهور المستهلكين. وقد أطلق على هذه المواد اسم المواد المضافة أو مضافات الأغذية Food additives وهي تشتمل على العديد من المواد سواء الطبيعية أو المصنعة كيميائياً، وقد تعامل الإنسان مع المواد المضافة منذ القدم عن طريق المواد الناتجة من استخدام النار عند تجهيز الغذاء (تدخين اللحوم والأسماك...) أو إضافة الأملاح والتوابل إلى الأغذية.

وما لا شك فيه أن استعمال هذه المواد وتأثيرها سواء إيجابياً أو سلبياً على صفات وخواص الأغذية قد أثار اهتمام العلماء المهتمين بشئون التغذية على مستوى العالم ونتيجة لذلك أثرت المناقشات حول استخدام هذه المضافات ومدى أهميتها وسلامة استخدامها في الأغذية مما أدى إلى اهتمام اللجنة الدولية لدستور الأغذية بإنشاء لجنة تضم خبراء من دول العالم واطلق عليها "Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA)" وتتكون هذه اللجنة من خبراء يتم اختيارهم بواسطة المختصين والمهتمين بالمواد المضافة للأغذية ولهم خبرة في هذا المجال ويتم اختيارهم على أساس الخبرة العلمية والتكنولوجية ويقوم هؤلاء الخبراء بتقييم المواد المضافة على أساس المعلومات العلمية المتاحة والتأكد من

الكمية المتاحة منها يوميا وكذلك الخصائص المرتبطة بدرجة النقاوة لهذه المواد وتقوم بتجميع المعلومات الخاصة بالمواد المضافة حيث ترسلها إلى لجنة Codex Expert Com-mittee on Food Additives (CCFA) التي تختص بالدراسة من جميع النواحي وتقوم بإصدار الموافقة النهائية من عدمها بخصوص استعمال المواد المضافة إلى الأغذية.

وهناك اتجاهات متعددة في الدول المتقدمة أحدها يهدف إلى الرجوع إلى الطبيعة وإنتاج أغذية طبيعية بدون أية إضافات والرأي الآخر ينادي باستخدام المواد المضافة طالما إنها مقبولة وآمنة وتستخدم بالنسب المتعارف عليها وذلك بهدف تكنولوجي فني وليس على أساس خداع المستهلك.

تعريف المواد المضافة:

وضعت عدة تعاريف لتلك المواد ومن التعريفات المستخدمة على سبيل المثال وليس الحصر:

1- تعريف تبعاً لـ (Meyer 1960) على أساس إنها أي مادة غير موجودة طبيعياً في الغذاء ولكنها تضاف خلال عمليات الإعداد والتصنيع وتبقى في الناتج النهائي وأيضاً يدخل في التعريف أي مادة موجودة طبيعياً ولكن يزداد تركيزها عن طريق التدعيم أو الإضافة إلى الغذاء مع مراعاة أن العبوة لا تعتبر مواد مضافة للغذاء إلا إذا حدث انتقال من العبوات إلى المادة الغذائية ففي هذه الحالة يطلق عليها مواد مضافة.

2- وقد ذكر العالم (Furia 1972) أنه يجب أن يكون معلوم لنا أنه ليس أي شيء يضاف إلى الغذاء بالضرورة إضافات غذائية وتعرف المواد المضافة بأنها عبارة عن مادة أو مخلوط مواد بخلاف مكونات الغذاء الأساسية التي تكون موجودة في الغذاء سواء أثناء الإنتاج - التصنيع - التخزين - التعبئة ولا يشتمل التعريف على فرصة حدوث تلوث.

3- وتعرف تبعاً لـ (FDA 1985) بأنها أي مادة تستخدم أو مطلوب استعمالها في الغذاء بحيث تنتج أو تعطي أو تكون مسؤولة عن المنتج سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وتكون مؤثرة على صفات أو مميزات الغذاء وتشتمل على المواد المطلوب استعمالها خلال عمليات الإنتاج - التصنيع - التعبئة - التجهيز - النقل... إلخ أيضاً على أي مصدر للإشعاع يستخدم في الغذاء.

4 - أما لجنة دستور الأغذية (Codex 1983) فالمواد المضافة تعني أي مادة لا تستهلك كغذاء ولا تستعمل كأحد مكونات الغذاء ولها قيمة غذائية وتعمل هذه الإضافة على مساعدة العمليات التصنيعية مثل التصنيع - التجهيز - التعبئة - النقل، هذا بجانب تأثيرها على الصفات الحسية. وتكون هذه المواد مسؤولة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة عن المنتج الغذائي أو النواتج الثانوية له ومؤثرة على مميزات الأغذية ولا يشتمل التعريف على المواد الملوثة للغذاء.

5 - وقد ذكر العالم (Somogyi 2000) أن المواد المضافة بصفة عامة هي أي مادة تصبح جزء من المنتج الغذائي أما مباشرة أو غير مباشرة أثناء أي مرحلة من مراحل التصنيع، التعبئة، التخزين، والمواد المضافة مباشرة هي تلك المواد التي تضاف إلى الغذاء لإضافة صفة خاصة وبكميات محددة (عادة من أجزاء في المليون إلى 1 - 2% بالوزن). ولا تعتبر المكونات الغذائية الرئيسية من المواد المضافة رغم أن بعض المكونات المضافة للغذاء مثل شراب الذرة عالي الفركتوز (HFCS) والنشا ومركبات البروتين تعتبر من المواد المضافة. أما المواد المضافة غير المباشرة هي تلك المواد التي تنتقل إلى المنتجات الغذائية وبكميات صغيرة كنتيجة للنمو أو النضج أو التعبئة ومن أمثلة تلك المواد زيوت تشحيم ماكينات التصنيع الغذائي أو مكونات مواد التعبئة التي تنتقل إلى الغذاء خاصة العبوات البلاستيكية.

تحديد هوية المواد المضافة:

إن توفير معلومات خاصة بمواصفات وطرق تحديد هوية ونقاوة المادة المضافة للأغذية قبل البدء بتقييم سميتها يعتبر أمراً بالغ الأهمية ويحتاجه القائمون على اختبارات السمية والجهات التنظيمية الخاصة بالمواد المضافة للتأكد من أن المادة المضافة التي سيتم اختيارها هي نفسها التي ستستعمل وتضاف للأغذية (وبعبارة أخرى فإن المادة المضافة المراد تقييمها يجب أن تكون ذات تركيب محدد وثابت وخالية من أية مواد غريبة ضارة قد تؤثر على نتائج التقييم الخاصة بسلامة المادة المضافة).

إن مما يجدر ذكره أن مواصفات وطرق تحديد الهوية والنقاوة للمادة المضافة يجب أن لا تكون صعبة جداً بل يجب أن يمكن تطبيقها بسهولة من قبل الصناعة وأجهزة المراقبة التابعة للوزارات المختصة.

ومن الأمور المهمة التي يجب معرفتها مدى ثبات المادة المضافة في الغذاء التي اضيفت إليه وتفاعلاتها وارتباطاتها مع مكونات ذلك الغذاء وهوية المواد التي قد تتحول إليها المادة المضافة بعد استعمالها.

ومن الأمور المهمة أيضاً توفير طرق تحليلية دقيقة وحساسة لتقدير المواد المضافة للأغذية أو المركبات التي قد تتحول إليها هذه المواد المضافة عند اضافتها للأغذية. إن هذه الطرق التحليلية يجب أن تكون ذات حساسية بحيث يمكنها تحديد أية كميات قليلة من المواد المضافة والتي قد تشكل خطورة على الصحة.

لقد وضعت العديد من الدول المتقدمة كأمریکا وبريطانيا وكذلك الأمم المتحدة ممثلة بـلجنة الجكفا JECFA مواصفات لتحديد الهوية والنقاوة للعديد من المواد المضافة للأغذية.

وفيمايلي طبيعة هذه المواصفات لإحدى المواد المضافة وهي الايجينول Eugenol.

ويتضح أن المواصفات الخاصة بتحديد هوية ونقاوة المواد المضافة تشتمل على الأسماء المرادفة والتعاريف والوصف والغرض من الاستعمال والصفات. وتتضمن التعاريف كل من الاسم الكيميائي والتركيب الكيميائي والصيغة التركيبية والوزن الجزيئي اضافة إلى طرق التحليل أو النقاوة. أما صفات المادة المضاف فإن هناك اختبارات للتعرف عليها وهذه تشتمل الذائبية والوزن النوعي ومعامل الانكسار وطيف المادة المضافة باستخدام الأشعة تحت الحمراء وكذلك مطياف الكتلة.

مواصفات تحديد الهوية والنقاوة لمادة الايجينول Eugenol :

1 - الأسماء المرادفة (Synonyms) :

4 - الايل جواكول ، 4 - الايل ، 2 - ميثوكسي فينول 4 - هيدروكسي - 3 - ميثوكسي، 1 - الايل بنزين.

2- التعاريف (Definition) :

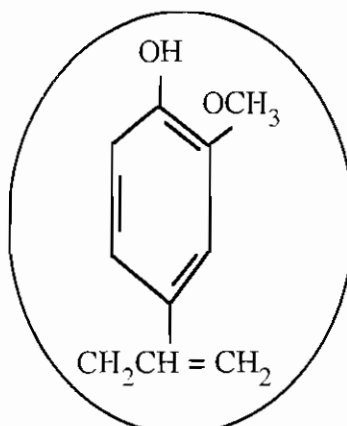
* الاسم الكيميائي (Chemical Name) :

4 - هيدروكسي - 3 - ميثوكسي - 1 - الايل بنزين.

4- Hydroxy - 3- Methoxy - 1- Allyl benzene

* التركيب الكيميائي (Chemical Formula): $C_{10}H_{12}O_2$

* الصيغة التركيبية (Structural Formula):



* الوزن الجزيئي (Molecular Weight): 164.2

* التحليل (Assay) يجب أن لا يقل الايجنيول عن 7.99

3- الوصف (Description):

مادة سائلة عديمة اللون أو صفراء شاحبة لها نكهة القرنفل ومذاق تابلتي . Spicy Taste

4- الغرض من الاستعمال (Functional Use): مادة منكهة.

5- الصفات (Characteristics):

أ - اختبارات التعرف (Identification Tests):

* الذوبان (Solubility): ذائب قليلاً في الماء، يختلط بالكلورفورم والإيثير والزيوت الثابتة.

* الوزن النوعي (Specific Gravity): 1.065 – 1.071 .

* معامل الإنكسار (Refractive Index): n_D^{20} : 1.539 – 1.542 .

* طيف الأشعة تحت الحمراء (Infrared Spectrum) وذلك لمعرفة المجموعة الفعالة في المركب شكل (38) .

* مطياف الكتلة: (Mass Spectrum) وذلك للتعرف على نواتج تكسير المادة المختبرة شكل (39).

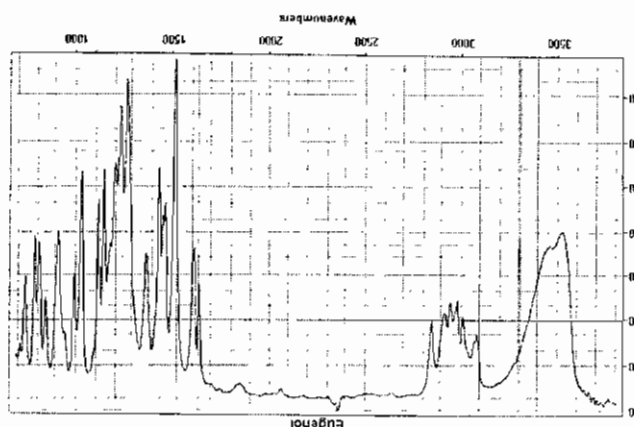
ب- إختبارات النقاوة (Purity Tests) :

* الذوبان في كحول الإيثانول، يذوب كل 1 ملل إيجينول في 2 ملل 70% كحول إيثانول.

6- طريقة التحليل (Method of Assay) :

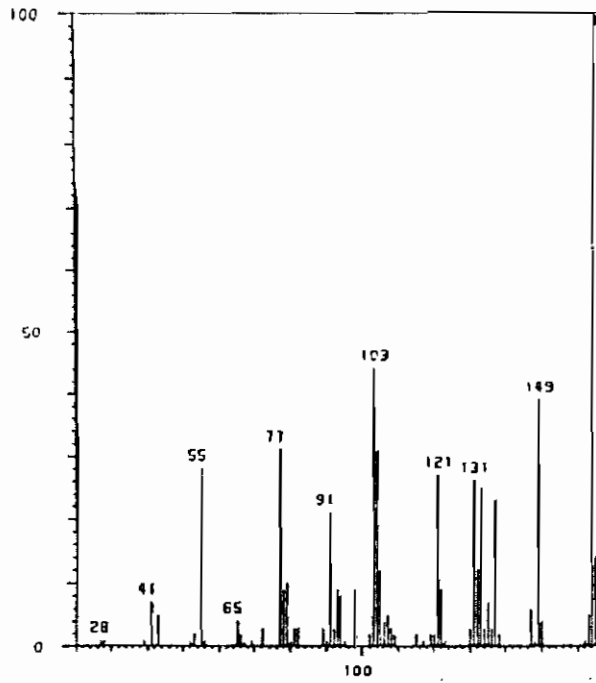
يستخدم جهاز التحليل الكروماتوجرافي الغازي لتقدير الإيجينول

.طيف الأشعة تحت الحمراء (Infrared Spectrum):



شكل (38) طيف الأشعة الحمراء لمركب الإيجينول

مطياف الكتلة (Mass Spectrum):



شكل (39) مطياف الكتلة لمركب الاليجينول

التقييم الحيوي للمواد المضافة:

يهدف التقييم الحيوي للمواد المضافة للأغذية إلى:

- 1- تحديد الحدود المقترحة للاستعمال من المادة المضافة.
- 2- تحديد الكمية التي يمكن تناولها من المادة المضافة.
- 3- تحديد طبيعة التغيرات الحيوية التي يحدثها استعمال المادة المضافة.
- 4- تحديد أقل تركيز له تأثير.

نجد أن الأساس الأول في استخدام أي مادة مضافة إلى المواد الغذائية سواء للحفظ أو لتحسين الجودة هو أن تكون غير ضارة بالصحة، ولم تحظى تلك المواد المضافة في الماضي بإجراء اختبارات السمية حتى يتمكن العلماء من التوصية باستخدامها بدون تأثير على صحة

الإنسان إلا أنه قد سمح باستخدام مواد حافظة أو مضافة للأغذية بدون اختبار سابق. وتغيرت الحالة الآن تماماً حيث لا يسمح باستخدام المواد المضافة للأغذية إلا بعد التأكد تماماً (عن طريق استخدام كل الطرق المتاحة) أنها غير ضارة. وحتى الآن لا توجد أي مواصفات عالمية ملزمة لطرق اختبار سمية مادة حافظة. هذا وتعتبر إرشادات وتعليمات لجنة خبراء منظمة الصحة العالمية WHO هي المعترف بها على نطاق واسع.

وتتكون هذه الإرشادات والتعليمات من عدد من التقارير التي يعاد إعدادها ونشرها باستمرار تبعاً لنتائج أبحاث السمية الجديدة وتعتمد عدة دول أساساً على هذه الإرشادات والتعليمات ويجب عند إجراء التجارب الخاصة بمدى أمان المواد المضافة أن تراعى العلاقة العامة الواقعية بين الجرعة ودرجة التأثير ومدة التأثير إلى جانب تحديد المعدلات غير المؤثرة على الكائن الحي.

وقد ذكر أن كل مادة لا بد أن يكون لها تركيزات من الصفر بحيث لا يكون لها أي تأثير ضار وذكر أيضاً ماذا يمكن أن يتواجد ولا يكون له تأثير سام؟ «لا يوجد شيء بدون سمية، الكمية هي التي تجعل الأشياء سامة» ويؤكد أيضاً أن المواد تصبح سامة في تركيزات أعلى من حد معين ولكن أيضاً أن السم يختفي تأثيره في تركيزات أقل من حد معين.

وتعتمد معظم المعلومات بطبيعة الحال على نتائج التجارب على الحيوانات والتي يستخدم فيها عادة حيوانات صغيرة الحجم وقصيرة العمر (لإظهار التأثير في فترة قصيرة) مثل الفئران البيضاء - القروء - الأرانب...

ويستخدم حديثاً (تبعاً للمراجع) متطوعين لدراسة السلوك الحيوي والتمثيل الغذائي للمواد المضافة كما يحدث بالنسبة للأدوية وهذا يقلل من خطورة نقل نتائج تجارب الحيوانات إلى الإنسان.

ومن بين الاختبارات التي تثبت مدى أمان المواد المضافة للأغذية على نطاق عالي (علماً بأنه في بعض الحالات الخاصة تضاف أو يمكن استخدام اختبارات أخرى عندما تتطلب طبيعة المادة المضافة) كمايلي:

1 - السمية الحادة.

2 - السمية تحت أو قبل المزمدة.

3 - السمية المزمدة.

4 - التسبب في حدوث السرطان.

5 - التسبب في حدوث الطفرات.

6 - التسبب في تشوه الأجنة.

7 - السلوك الحيوي في الإنسان والحيوان.

ومن خلال الطرق المعروفة لاختبارات السمية والتي تجرى في معاهد متخصصة يمكن التأكد من استخدام النوع المناسب من حيوانات التجارب والطريقة المناسبة للتربية والتغذية فإن إضافة المادة المراد اختبارها تتم بالطريقة المناسبة وبالتركيز المناسب وكذلك التأكد من التحليل والمناقشة السليمة للنتائج وقبل بداية التجارب لابد من التأكد من مطابقة الخواص الكيميائية والطبيعية وكذلك من نقاء المادة المراد اختبارها.

ومن المبادئ الأساسية المرغوبة ألا يكون للتركيز الذي سوف يستخدم من المادة المضافة في الأغذية أي تأثير علاجي حتى لا تنشأ ظاهرة المقاومة فإنه لا يسمح باستخدام المواد التي تستخدم علاجياً كمواد مضافة للأغذية. وفيمايلي نبذة مختصرة عن الاختبارات التي يمكن استخدامها.

1 - السمية الحادة Acute toxicity :

يعبر عن السمية الحادة في صورة LD_{50} (الجرعة القاتلة لنصف حيوانات التجارب) وهي تقدير عام لمدى سمية احد المركبات ولا تستخدم المواد المضافة في الاستخدام التطبيقي بتركيزات تصل بأي حال من الأحوال إلى حدود السمية الحادة وبطبيعة الحال يفضل استخدام المواد المضافة التي يقع LD_{50} لها في حدود المسموح .

2 - السمية تحت المزمنة Sub Chronic toxicity :

تعطى السمية تحت المزمنة (مقدرة بما يعرف باختبار الـ 90 يوماً) أيضاً دلائل عن مدى امكانية استخدام مادة حافظة في المجال الغذائي. يتم استخدام المادة المراد اختبارها في هذه التجارب بتركيزات مختلفة في تغذية حيوانات مختلفة بقدر الإمكان ونحاول إحداث أضرار في هذه التجارب عن طريق رفع تركيز المادة ويمكن التعرف على العضو الأكثر قابلية أو الأكثر استعداداً للتأثر بهذه المادة بالاضافة إلى أن التجارب المتوسطة المدى تظهر الحد الذي لا تعطى عنده المادة المراد اختبارها أي تأثير.

3 - السمية المزمنة Chronic toxicity :

يعتبر اختبار السمية المزمنة للمواد المضافة في تجارب التغذية طويلة المدى من أهم الاختبارات المحددة لمدى ملائمة مادة مضافة للاستخدام في الأغذية، ويرجع هذا أساساً إلى أن استخدام المواد المضافة للأغذية عموماً والمواد الحافظة بالنسبة لمجموعة من الناس يمكن أن يستمر لمدد طويلة من الزمن.

وتتم في هذه التجارب إضافة المواد المراد اختبارها بتركيزات قليلة (عادية) وتركيزات عالية في عليقة الحيوانات وتختار لذلك أنواع من الحيوانات التي يمكن أن تتعاطى هذه المادة لمدة مناسبة طوال حياتها وكذلك الحيوانات التي لها تمثيل غذائي وتفاعلات حيوية وتفاعلات إزاء السموم تشابه إلى حد كبير ما يحدث عند الإنسان ويختبر في هذه التجارب ما قد يحدث للإنسان (في مدة طويلة) في مدة مختصرة كما أن العمل بعدد كبير من حيوانات التجارب يمكن معه تحليل النتائج بالطرق الإحصائية وبذلك يمكن تجنب النتائج الخاطئة التي تنشأ من الاختلاف البيولوجي وكذلك يمكن ملاحظة بعض التأثيرات غير الشائعة الحدوث.

ويتم عموماً في هذه التجارب دراسة التغيرات التي تسببها المادة المراد اختبارها على مدى أداء أعضاء الجسم المختلفة ويتم تتبع مدى الأداء بطريقة منتظمة في الحيوانات الحية باستخدام الطرق الحيوية وباستخدام الطرق الهستولوجية على الأعضاء بعد انتهاء التجربة وموت الحيوانات وتشريحها، ومن خلال التجارب الخاصة بالسمية تحت المزمدة يعمل دائماً على التوصل إلى الجرعة التي لا تسبب أي تأثير مرضي والتي تعرف بالحد غير المؤثر. ومن الأساسيات ألا يحدث استخدام المواد المضافة إلى العليقة أي تأثير على النمو أي على الزيادة المضطردة في الوزن وعند تعاطى تلك المواد بتركيزات أكبر من العادية وكما هو الحال في تجارب السمية، عموماً فإنه قد يحدث مثل هذه التأثيرات والتي لا تعنى بالضرورة حدوث تلف سمي Toxic damage حيث أن زيادة جرعات المواد المضافة قد تغير على سبيل المثال من مقدار المحتوى من الطاقة أو مقدار الاستفادة منها وأخيراً قد تسبب المادة المضافة تحت ظروف معينة بسبب التغيرات الحسية التي تحدثها المادة في العليقة في رفض حيوانات التجارب لهذه العليقة مما يؤثر تأثيراً سلبياً على النمو.

4 - التسبب في حدوث السرطان Carcinogenicity :

نظراً لأن المواد المضافة تؤخذ لفترات طويلة من العمر (أطفال - شباب - كبار السن)

فإن احتمال التسبب في حدوث سرطان في غاية الأهمية حيث يسمح فقط باستخدام مادة مضافة في الأغذية عند التأكد تماما من خلال تجارب التغذية الطويلة المدى أنها لا تسبب في حدوث أي تأثير سرطاني. ولاختبار احتمال التأثير السرطاني تتم اضافة المادة لعليقة الحيوان طوال مدة حياته ابتداء من أصغر سن ممكن ولذلك فإنه من الناحية العلمية تستخدم دائما الفئران البيضاء ومن الأهمية استخدام عدد كاف من الحيوانات سواء في حيوانات التجارب أو حيوانات المقارنة وزيادة على ذلك يتم استخدام نوعين من الحيوانات على الأقل في هذه الدراسة ويكتفي عموماً باختبار المادة المضافة عن طريق اضافتها إلى العليقة ولا يعتبر ظهور الأورام بعد حقن محللول المادة المضافة دليلاً على قدرتها على تكوين نمو سرطاني طالما أن الأورام تبقى في مكان الحقن بالاضافة إلى عدم وجود أي دلائل أخرى على وجود أي تأثير سرطاني بتكرار الحقن حيث يمكن أن يحدث أي تلف للأنسجة تحت تأثير تغيرات في ظروف الأسموزية أو درجة الحموضة ويؤدي هذا التلف إلى حدوث أورام ليس لها علاقة مباشرة بالمادة المراد اختبارها والمشكلة الأساسية في تقدير مدى فاعلية المواد المضافة للأغذية والمواد الملوثة لها فهي أحداث نمو سرطاني هي أقل تركيز فعال Threshold أو ربما دراسة التركيزات التي لا تحدث أي تأثيرات ضارة.

5 - التسبب في حدوث الطفرات Mutagenicity :

هي قدرة أحد المواد بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على إحداث تغيير في الجينات أو الكروموسومات وبالتالي تغيير في الصفات الوراثية وتوجد علاقة وطيدة بين التسبب في حدوث الطفرة والتسبب في حدوث السرطان حيث أن حوالي 80٪ إلى 90٪ من المواد التي تسبب حدوث طفرات لها أيضاً تأثير سرطاني ولذا فأى مادة مضافة لها القدرة على أحداث طفرات تدرس بحرص شديد.

6 - التسبب في تشوه الأجنة Teratogenicity (Embryotoicity) :

ويعرف ذلك بقدرة أحد المواد السامة على أحداث تشوه في البويضة الملقحة أو الجنين. والمادة التي لها مثل هذه الخاصية لا يمكن اضافتها إلى الغذاء، واختبار التسبب في حدوث تشوه للأجنة يتم إعطاء المادة المراد اختبارها للحيوانات في بداية الحمل وطوال فترة الحمل ويتوقع التشوه بالمقارنة بالحيوانات التي لا تتعاطي المادة.

7 - السلوك الحيوي في الإنسان والحيوان Biochemical behavior :

من الأهمية معرفة إلى أي حد سوف يأخذ الجسم المادة المضافة وما هي العوامل التي تؤثر على قابليتها للامتصاص وكيف ستوزع المادة في الجسم وكيف ستمثل أم أنها ستطرد خارج الجسم بدون تغيرات وبعد هذه التجارب الأولية تجرى اختبارات السلوك الحيوي أيضا على الإنسان حتى يمكن الحصول على نتائج تطبيقية ذات قيمة عالية.

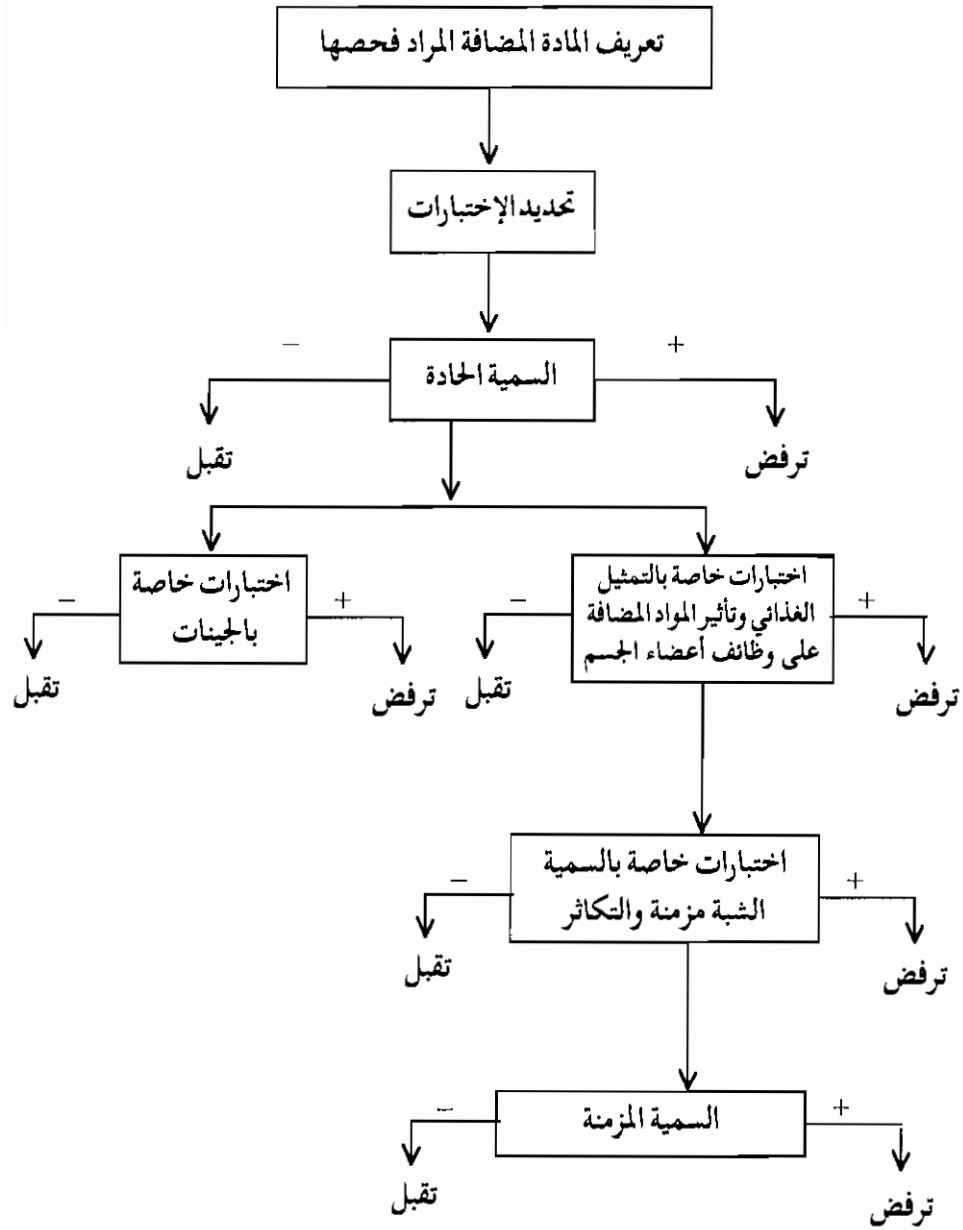
المواد المضافة والحساسية:

عند استخدام المواد المضافة في الأغذية يهتم القائمون على شئون التغذية بالتأكد من سلامة تلك المواد المضافة والتركيز المستخدم منه بحيث يكون في حدود التأثير الآمن على صحة المستهلك ولا يؤثر على نوعية الغذاء وبعد إجراء اختبارات السمية والتأكد منها يصرح باستخدامها في الغذاء إلا أن بعض المستهلكين قد يتعرضوا إلى الحساسية بسبب وجود إحدى المواد المضافة بالتركيز المستخدم بها وبالتالي قد تكون المادة المضافة آمنة صحياً تبعاً للاختبارات ولكنها تسبب مشاكل لبعض المستهلكين لذلك يجب على المستهلك الذي يشعر بأعراض غير طبيعية نتيجة للحساسية من تناول غذاء ما مضاف إليه مادة مضافة الابتعاد عن تناول هذا الغذاء بما يحتويه من مادة مضافة رغم أنه مصرح باستخدامها وفي الحدود المتفق عليها ومن هنا تأتي مشكلة استخدام المواد المضافة المصرح باستخدامها لمجموعة من المستهلكين ولكن لا يمكن استخدامها لمجموعة أخرى من المستهلكين.

الطريقة المتبعة من قبل المجلس الأمريكي لصحة وسلامة الأغذية لتقييم سلامة

المواد المضافة أو ما يسمى بشجرة القرار Decision tree :

تمثل هذه الطريقة في إجراء الاختبارات الحيوية (بعد الانتهاء من تعريف المادة المضافة المراد فحصها) التي تؤكد سلامة المادة المضافة من الناحية الصحية وعند ظهور النتيجة إيجابية تستبعد تلك المادة، أما عند ظهورها سلبية يستمر في إجراء باقى الاختبارات لحين قبولها بدرجة نهائية وتتضمن مايلي:



+ هناك خطورة من استعمال المادة المضادة وترفض نهائياً.

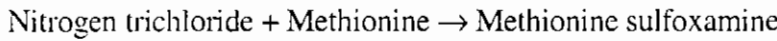
- لا توجد خطورة من استعمال المادة المضافة ولكن لابد من مزيد من الأدلة لاتخاذ القرار بالقبول والرفض .

الانسس العامة لاستخدام الاضافات الغذائية:

توجد بعض الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند استخدام الاضافات الغذائية بهدف الوصول إلى أقصى استفادة منها وفي نفس الوقت المحافظة على سلامة الغذاء وبالتالي صحة الإنسان التي هي الهدف الأساسي لجميع المهتمين بشئون التغذية والتي تتمثل في النقاط التالية:

1 - جميع المواد المضافة لا بد وأن تضاف كل منها للمواد المصرح باستخدامها فيها طبقاً للمواصفات المقررة حتى لو كانت المواد المضافة غير ضارة بالصحة (أغذية مغشوشة) تبعاً للقانون المصري الخاص بالأغذية.

2 - جميع الإضافات الغذائية سواء التي تضاف كما هي (على حالتها) أو التي قد تصنع قبل اضافتها يجب أن تتعرض إلى مجموعة من اختبارات السمية المناسبة لتقييمها والتأكد من سلامتها على صحة المستهلك وهذا التقييم يجب أن يأخذ في الاعتبار جميع المواد التي تتفاعل معها وكذلك أي مواد مساعدة لمعرفة تأثيراتها المختلفة حيث قد تكون المادة المضافة غير سامة ولكن عند اضافتها إلى الغذاء قد تتحد مع أحد مكوناته وتكون مركب سام، فعلى سبيل المثال نجد أن مادة ثالث كلوريد النيتروجين Nitrogen trichloride "Agene" كانت تستخدم كعامل تبيض للدقيق في الآونة الأخيرة ولكن وجد أنها تتحد مع الحامض الأميني ميثيونين وتكون مادة سامة كمايلي:



ونظراً لتكوين المادة السامة منع استخدامها كمبيض للدقيق.

3 - جميع الإضافات الغذائية يجب أن تكون آمنة في حدود التركيز المسموح باستخدامه في الغذاء.

4 - يجب أن تتعرض تلك الإضافات الغذائية باستمرار للملاحظة المستمرة مع إعادة تقييمها من آن إلى آخر بناءً على التغيرات الحادثة في الغذاء أو بسبب المعلومات العلمية الحديثة التي لها علاقة بطبيعة استخدامها في الغذاء.

5 - جميع الاختبارات الغذائية يجب أن تكون معتمدة وتمت الموافقة على استخدامها في

الغذاء من احدى المنظمات العالمية وتمت التوصية باستخدامها عن طريق قانون دستور الأغذية .

6 - عند اصدار الموافقة على استخدام تلك الاضافات إلى الغذاء لابد أن يوضح بها:

أ - نوعية وصفات المادة المضافة وكذلك الغذاء الذي ستضاف إليه بالاضافة إلى ظروف الاستخدام.

ب- يكون استخدامها بأقل تركيز ممكن لأحداث التأثير المطلوب.

ج- يوضح بها الكمية المسموح بها يومياً من تلك الإضافات خاصة في حالة تجهيز الوجبات الخاصة لبعض فئات المستهلكين.

7 - أن يكون سهل تقديرها في الغذاء أو تقدير مكونات تكسيرها.

8 - أن تكون نقية تجارياً أو أن تقيم تجارياً.

المواد المضافة ما بين السماح باستخدامها أو المنع:

بعد تنامي وتعاظم الاهتمام بالمواد المضافة انقسم المهتمون بها إلى فريقين الأول ضد استعمال المواد المضافة للأغذية، وقام هذا الفريق بإعطاء صورة قاتمة للمواد المضافة وظهرت العملية بمجملها في وسائل الإعلام على أنها عبارة عن وجود مجموعة قليلة من أصحاب الثروات الضخمة الذين يعملون بدون وازع أو ضمير على زيادة ثرواتهم ومن أجل ذلك يقومون برش المنتجات الغذائية التي يصنعونها بالكيمائيات السامة (المواد المضافة). أما الفريق الثاني فإنه مع استخدام المواد المضافة للأغذية ويعتقدون أن أي نقد موجه للمواد المضافة أو أي هجوم عليها يعتبر هجوماً على العلم والتكنولوجيا.

أن هناك العديد من العوامل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اتخاذ القرار الخاص بالمنع أو بالسماح باستخدام مادة ما مضافة لغذاء أو أغذية معينة، ويكون بناء على معادلة الضرر والمنفعة Risk-Benefit Ratio ومن هذه العوامل:

1 - مقدار الضرر الحادث للمستهلك.

2 - حاجة ورغبات المستهلك، ففي حالة الأطفال على سبيل المثال نجد أنهم يقبلون برغبة كبيرة على الأيس كريم الملون.

3 - متطلبات توفر الغذاء (الأمن الغذائي) وصحة المواطن قد يسمح مثلاً باستخدام مبيد حشري غير مصرح باستخدامه للقضاء على حشرات تهدد محصول غذائي في بلد يتعرض لمجاعة. وهذا ما يقصد بتطبيق معادلة الضرر والمنفعة السابقة الذكر.

4 - متطلبات منتجي ومصنعي الأغذية.

5 - العوامل الاقتصادية.

6 - مدى توفر الطرق التحليلية لتنظيم عمليات السيطرة والمراقبة الغذائية.

وقبل أن يحدد كلا موقفه من المواد المضافة للأغذية هل هو مع استخدامها أو ضد هذا الاستخدام، سيتم التعرف على الحالات التي يمكن اعتبار استخدام المواد المضافة فيها مفيداً ومقبولاً ثم التعرف على معادلة الضرر والمنفعة والحالات التي يجب عدم استخدام المواد المضافة فيها.

الحالات التي يسمح فيها باستخدام المواد المضافة:

1 - المحافظة على القيمة الغذائية للغذاء مثل استعمال مضادات الأكسدة في الزيوت والدهون الغذائية.

2- تزويد الغذاء بمكون هام يستخدم لتجهيز وجبات خاصة لبعض المستهلكين مثل استخدام المحليات السكرية ذات الطاقة الحرارية المنخفضة لتصنيع منتجات غذائية لمرضى السكر.

3 - زيادة أو تحسين صفات الحفظ أو الثبات للغذاء أو تحسين الصفات الحسية له على شرط ألا تغير من طبيعة الغذاء أو تجعله بصورة خادعة للمستهلك.

4 - إمداد الغذاء بالمواد المساعدة خلال عمليات التصنيع - التجهيز - التعبئة - النقل - التخزين بشرط ألا تستخدم لإخفاء تأثير غير مرغوب أو غير مناسب في المادة الخام المستخدمة.

5 - استخدام بدائل للمواد غير المتوفرة مثل استخدام فول الصويا كبديل للبروتين الحيواني في بعض منتجات اللحوم.

6 - تقليل التكلفة الاقتصادية في بعض المنتجات مثل حالات إضافة المواد المائلة الغذائية.

- 7 - تلبية متطلبات منتجي ومصنعي الأغذية.
- 8 - العمل على توفير وتحضير الغذاء بصورة أفضل وأسرع.
- 9 - العمل على رفع القيمة الاقتصادية للمنتج (القيمة المضافة) .
- 10 - تقليل الفاقد أو التالف.

الحالات التي يمنع فيها استخدام المواد المضافة:

بالرغم من المنافع الكثيرة التي سبق ذكرها للمواد المضافة فإنه قد ينتج عن استعمالها أحياناً بعض الضرر. ومما لا شك فيه أن إدخال أى مادة مضافة جديدة غير معروفة للنظام الغذائي يصاحبه دائماً نوع من الخطورة أو الضرر خاصة إذا كانت هذه المادة المضافة لم يتم فحصها بصورة متكاملة، وعليه فإن اضافة أية مادة كيميائية للنظام الغذائي يزيد من احتمال الضرر حتي ولو كانت اضافة هذه المادة بكميات قليلة. ونتيجة لذلك فقد تم اقتراح المعادلة المسماة بمعادلة الضرر والمنفعة Risk-Benefit Ratio، أن السؤال الذي يطرح نفسه في مثل هذه الحالات: هل الضرر الذي ينتج عن استعمال المادة المضافة رغم إجراء فحوصات السلامة عليها يغطي أو يتعادل مع الفوائد التي تجني من استعمال هذه المواد المضافة كالحماية من الفساد الميكروبي أو الكيماوي أو تحقيق منافع تسويقية واقتصادية؟ وبناء عليه فإن اتخاذ قرار يتعلق بالمشاكل الخاصة استخدام المواد المضافة يجب أن يتم بناء على معادلة الضرر والمنفعة. وباستخدام هذه المعادلة يصبح من السهل اتخاذ القرارات الخاصة بالمنع الفوري لاستعمال أية مادة مضافة.

وفيما يلي الحالات التي يمنع فيها استعمال المواد المضافة للأغذية:

- 1 - إذا كان الهدف من استعمال المادة المضافة هو تغطية اخطاء أو عيوب في العملية التصنيعية.
- 2 - إذا كان الهدف من استعمال المادة المضافة هو إخفاء تلف أو فساد المادة الغذائية.
- 3 - إذا كان استعمال المادة المضافة يهدف إلى خداع المستهلك.
- 4 - إذا كان استعمال المادة المضافة يؤدي إلى فقد كبير في واحد أو أكثر من مكونات المادة الغذائية.

5 - إذا كان بالإمكان الحصول على المادة الغذائية بدرجة عالية من الجودة باستعمال أساليب التصنيع الجيد (Good Manufacturing Practices (GMP).

6 - إذا كان لابد من استعمال نسب مرتفعة عن المحددة من المادة المضافة للحصول على التأثير المطلوب.

مصادر الإضافات الغذائية:

يمكن الحصول على الإضافات الغذائية من ثلاث مصادر وقد تم تعريف لتلك المصادر من خلال قانون دستور الأغذية كماليلي:

1- مواد طبيعية: Natural Flavors and Natural Flavoring Substances

وهي عبارة عن مواد طبيعية يتم الحصول عليها من مصادر طبيعية (النبات وفي بعض الأحيان الحيوان) عن طريق استخدام الطرق الطبيعية وتضاف على حالتها الطبيعية أو قد تجرى لها بعض العمليات التصنيعية لتكون أكثر ملائمة للاستهلاك بواسطة الإنسان.

2- مواد مشابهة للمواد الطبيعية:

Natural - Identical Flavoring Substances

وتعرف هذه المواد بأنها مواد تفصل كيميائياً من المواد الخام العطرية أو الحصول عليها صناعياً وهي مشابهة في التركيب للمواد الموجودة في النواتج الطبيعية وتضاف للغذاء إما مصنعة أو بدون تصنيع.

3- مواد صناعية: Artificial Flavoring Substances

وتعرف هذه المواد بأنها غير موجودة في المنتجات الطبيعية ولكنها تخضر باستخدام المواد الكيميائية وتستخدم في المنتجات الغذائية سواء مصنعة أو بدون تصنيع.

أقسام المواد المضافة: Types of food additives

نظراً للاختلافات ما بين المواد المضافة للأغذية وتعدد أنواعها وتأثيرها الفعال على الأغذية فقد حاول العلماء تقسيم تلك المواد إلى مجاميع ومن أول التقسيمات هي التي اعتمدت على المجموعة الفعالة لتلك المواد وهناك تقسيم آخر على أساس التركيب الكيميائي المتشابه لتلك المواد إلا أنه ظهر على الرغم من تشابه التركيب الكيميائي أن لها دور فعال

مختلف في الأغذية وسوف نذكر فيما يلي التقسيم الذي وضع بواسطة العالم (Oser 1960) حيث أمكن تقسيم تلك المواد إلى مجموعتين رئيسيتين:

1- الإضافات المقصودة: Intentional food additive

وهي تلك الإضافات المقصودة أو الإضافات المباشرة وكل نوع من هذه المجموعة يضاف لهدف معين ومحدد ومطلوب تبعاً للاحتياجات التي تحددها التشريعات الغذائية.

2- الإضافات غير المقصودة: Unintentional food additive

وهي تلك الإضافات غير المقصودة أو الإضافات غير المباشرة التي تصل إلى الغذاء بدون هدف.

أولاً: الإضافات المقصودة:

وهي تلك الإضافات الحقيقية للغذاء والتي تضاف إليه بعد دراسة كافية وكاملة من حيث تأثيرها الفعّال على الغذاء وبالتالي على صحة المستهلك ويحدد تلك الإضافات التشريعات والقوانين الغذائية وتشتمل على أنواع متعددة منها على سبيل المثال وليس الحصر مايلي:

- * المواد المضادة لنمو الميكروبات.
- * المواد المضادة للأكسدة.
- * المحليات.
- * الإنزيمات.
- * الأحماض الأمينية.
- * الفيتامينات.
- * المواد المنظمة للحموضة.
- * المواد المكسبة للطعم والرائحة.
- * المواد الملونة.

ثانياً: الإضافات غير المقصودة:

ويطلق على المواد المضافة في هذه المجموعة اسم الإضافات الغذائية غير المباشرة أو غير المقصودة وليس لها أي تأثير هادف أو محدد ولو تم تصنيع المواد الغذائية خلال مراحلها المختلفة تحت تحكم سليم لن تصل تلك المواد إلى الغذاء. وتشتمل هذه المجموعة على مواد متعددة وسوف نتحدث عنها بشيء من الاختصار في نهاية هذا الجزء.

تصنيف المواد المضافة:

تم تقسيم المواد المضافة من خلال المعهد البريطاني لعلوم الأغذية (IFST) United Kingdom Institute of Food Science and Technology تبعاً للوظائف التي تقوم بها إلى قسمين:

1- القسم الأول:

المواد المضافة التي تساعد في عمليات التصنيع الغذائي وتشتمل على:

- * مانعات التكتل مثل سيليكات الألومنيوم.
- * الإنزيمات مثل تريبسين.
- * مانعات الرغوة مثل أوكسي ستيرين.
- * المذيبات مثل الهكسان.
- * مانعات الالتصاق مثل زيت الخروع.

2- القسم الثاني:

المواد المضافة التي تؤثر على خواص المنتج النهائي وتتكون من أربعة مجاميع كيميائية:

أ - المواد المضافة التي تؤثر على الصفات الطبيعية أو الكيميائية .

ب- المواد المضافة التي تؤثر على الصفات الحسية.

ومن أمثلة المواد (أ ، ب) على سبيل المثال وليس الحصر مايلي:

- * مثخنات القوام مثل صمغ الجوار.
- * المستحلبات والمثبتات مثل الليثيسين - الصمغ العربي.

- * الأحماض ومنظمات الحموضة مثل حامض اللاكتيك - كربونات الأمونيوم .
- * المواد الخاصة بأعطاء الغباشة مثل النشا المحور.
- * المواد المساعدة على الانتفاش والانتفاخ مثل بيكربونات الصوديوم.
- * المواد المانعة للإسمرار مثل ثاني أكسيد الكبريت.
- * المواد الرابطة للمعادن (المخليات) مثل الاديتا.
- * المواد المساعدة للترطيب مثل الجلوسرين.
- * المركبات البروتينية مثل بروتين فول الصويا.
- * المواد المكسبة للطعم مثل إحدادي جلوتومات الصوديوم.
- * الزيوت العطرية مثل الينسون.
- * البهارات والأعشاب مثل الكمون - حبة البركة.
- * المواد المساعدة على الكبسلة مثل إيثيل السليلوز.
- * المخليات مثل الاسبارتام.

ج- المواد المضافة التي تساعد على زيادة فترة الصلاحية وتشمل:

- * المواد الحافظة مثل بنزوات الصوديوم.
- * مانعات الأكسدة مثل التوكوفيرولات.
- * المواد المساعدة على الانضاج والتخليل مثل غاز الايثيلين وحامض الخليك.

د - المواد المضافة التي تساعد على تحسين القيمة الغذائية للغذاء وتشمل:

- * الأحماض الأمينية مثل الليسين.
 - * المعادن مثل اليود.
 - * الفيتامينات مثل فيتامين ج (حمض الاسكوربيك).
- وبلاحظ من الكلام السابق وجود تداخل بين مجموعة وأخرى من المواد المضافة بحيث لا يمكن وضع حد فاصل تماماً بين المواد المضافة للأغذية.

قوائم الاستخدام:

تتعدد الطرق أو النظم أو القوائم التي يمكن استخدامها عند استعمال الاضافات الغذائية تبعاً للقوانين الغذائية الخاصة بالبلد. وتهدف جميع تلك النظم إلى إيضاح كامل للمواد التي يمكن استخدامها في الغذاء بصورة محددة ولا تقبل الشك وفي نفس الوقت الابتعاد نهائياً عن المواد غير المصرح باستعمالها ويمكن حصر تلك القوائم في الآتي:

1- القائمة السالبة: Negative list

حيث يوضح في هذه القائمة الاضافات الغذائية غير المسموح باستخدامها في الغذاء خلال أي مرحلة من مراحل انتاجه وبالتالي ما ليس مذكوراً في هذه القائمة يعتبر مقبول أو صالح للاستخدام في الغذاء وهذا النظام سهل ومبسط إلا أنه يعاب عليه أنه أقل حماية للمستهلك.

2- القائمة الموجبة: Positive list

حيث يوضح في هذه القائمة الاضافات الغذائية المسموح باستخدامها في الغذاء خلال أي مرحلة من مراحل انتاجه والتي قد تم اختبارها لمدي ملائمتها لصحة الغذاء وبالتالي صحة المستهلكين وأي مادة غير مدونة في هذه القائمة غير مصرح باستخدامها اطلاقاً. ويعتبر هذا النظام أكثر أماناً للمستهلك ويوضح في هذه القائمة التركيب الكيماوي للمادة المضافة والأغذية التي تضاف إليها وتأثيرها الفعال والحدود المسموح بها وأحياناً تكتب درجة النقاوة للمادة تبعاً للشركة المنتجة لها.

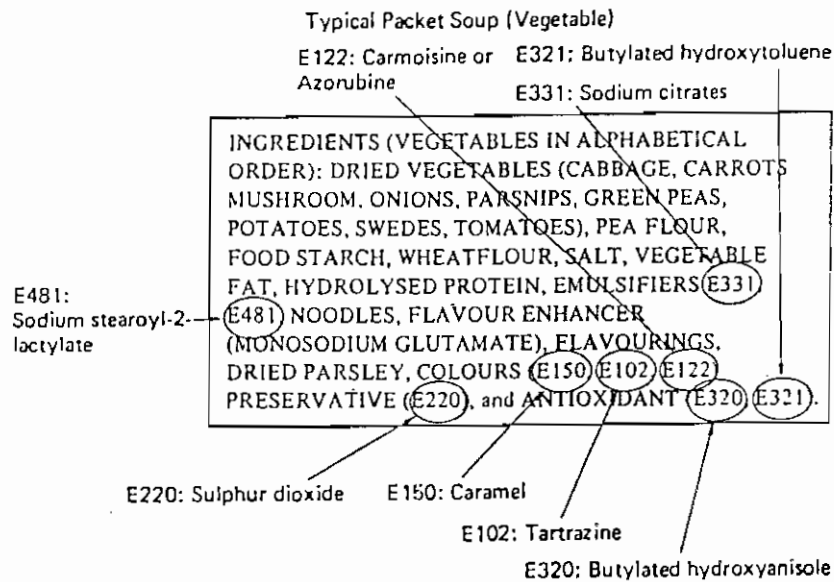
3- القائمة المخلوطة: Mixed list

في هذا النظام يتم وضع وكتابة المواد غير المسموح باستخدامها كذلك المواد المسموح باستخدامها في الغذاء. وتعتبر أفضل من النظامين السابقين حيث تساعد مصنعي الأغذية في الحصول على صورة كاملة للاضافات الغذائية.

تسمية المواد المضافة:

لكل مادة مضافة تستخدم في الأغذية اسم كيماوي مرتبط ارتباطاً مباشراً بالتركيب الكيماوي لها، هذا بالاضافة إلى الاسم التجاري والاسم الشائع استخدامه. ونظراً لطول

الأسماء في كثير من المواد المضافة ولسهولة التعرف عليها وتداولها في السوق. فقد قامت دول الاتحاد الأوروبي (Eu) بوضع أرقام للدلالة على اسم المادة المضافة ويسبق تلك الأرقام حرف E. ويمكن إظهار ما سبق على سبيل المثال في الشكل رقم (40) الذي يوضح إحدي بطاقات المواد الغذائية المدون فيها بعض المواد المضافة طبقاً لنظام دول الاتحاد الأوروبي.



شكل (40) تسمية المواد المضافة

الكمية المسموح بها يوميا: Acceptable Daily Intake (ADI)

مما لا شك فيه أن أحسن الطرق التي يمكن استخدامها للتأكد من مدى أمان إحدى المواد المضافة هي التجارب التي تجرى على الإنسان نفسه ولكن لعدم إمكانية تحقيق ذلك فإنه يستفاد من التجارب التي تجرى على الحيوانات في معرفة مدى تأثير المادة على الإنسان وذلك عن طريق تحديد تركيز المادة المضافة حتى لا تحدث أي تأثيرات سامة. ومنها تعرف الكمية المسموح بها يوميا بعد أن يخفض التركيز عن معدل الأمان Safety factor بمقدار 100 (باستثناء بعض الحالات) وذلك كما اتفق عليه في لجنة منظمة الصحة العالمية WHO. وهناك نوعان من ADI الأول وهو الكمية المسموح بها يوميا بدون شروط

Unconditional ADI والثاني الكمية المسموح بها بشروط Conditional ADI ويقصد بها الكمية المسموح بها لمجموعات معينة من البشر وأغذية قليلة الاستهلاك.

وتحدد الجرعة المقبولة عادة للمواد المضافة التي اعطت الفحوص الخاصة بسلامتها نتائج مرضية وفيما يلي بعض التعبيرات المستعملة للجرعة المقبولة Codes For ADI: أ - فو (FU) : جرعة كاملة أو غير مشروطة وهذا يعني أن تقييم المادة المضافة كان بصورة كاملة.

ب- تي (TE) جرعة مؤقتة: وتعطي عادة لوقت محدد وحتى الحصول على بيانات اضافية عن المادة المضافة فإذا لم يتم الحصول على هذه البيانات خلال الفترة المحددة يتم سحب أو وقف العمل بالجرعة المقبولة.

ج - نس أو نل (NS or NL) : الجرعة المقبولة غير محددة وتعطى للمواد المضافة ذات السمية القليلة جدا ولا تشكل خطورة على صحة الإنسان وخاصة تلك التي تعتبر مكونات غذائية كفيتامين ج أو منتجات تمثيلها في الإنسان طبيعي.

د - كيو أو انكو (CO or Unco) : مصطلح قديم غير مستعمل في الوقت الحاضر وكان يعني جرعة مقبولة مشروطة أو غير مشروطة.

هـ - نو (NO) : لم يتم تحديد جرعة مقبولة وتعطى للمادة المضافة التي لم يتم الحصول على معلومات كافية عن سلامتها أو عن هويتها ونقاوتها ومواصفاتها.

طرق الإضافة :

تختلف طرق اضافة المواد المضافة للأغذية باختلاف طبيعة المادة المضافة وكذلك طبيعة المادة الغذائية والعامل المحدد لكيفية الاضافة هو قابلية الذوبان أو الاختلاط ما بين المادة المضافة والغذاء ويمكن ذكر أهم طرق الإضافة في النقاط التالية:

1- الحقن: حيث يتم إذابة المادة المضافة في مذيب مناسب وتحقن به الحيوانات كما يحدث عند إجراء عملية تطرية اللحوم باستخدام الانزيمات حيث يحقن الحيوان مباشرة بعد الذبح بمحلول الانزيم المستخدم لإجراء عملية التطرية.

2- الإضافة المباشرة: وفي هذه الحالة تتم إضافة المادة المضافة إلى الغذاء مباشرة مع المزج الجيد لضمان تجانس التوزيع.

- 3- المعاملة بالرش: ويتم فيها إجراء رش لمحلول المادة المضافة على سطح الأغذية وتستخدم في حالة الأغذية التي يتعرض سطحها للفساد والأكسدة بسرعة.
- 4- استخدام مادة حاملة: في هذه الحالة تستخدم إحدى مكونات المنتج الغذائي كحامل للمادة المضافة المستخدمة وتعتبر التوابل والفلفل من المواد التي يمكن استخدامها لهذا الغرض أثناء صناعة السجق ويمكن استخدام زيت الخروع كحامل لمضاد الأكسدة عند إضافته إلى الزيوت نظراً لاحتوائه على مجموعة إيدروكسيل وذلك في حالة عدم ذوبان مضاد الأكسدة المستخدم.
- 5- الإضافة في مواد التعبئة: في هذه الحالة يتم إضافة المواد المضافة إلى الأغلفة الخاصة بالغذاء حيث ينتقل من سطح الغلاف إلى المادة الغذائية كما يحدث عند استخدام مضادات الأكسدة في بعض أنواع منتجات المخازن.
- 6- الغمر: حيث يتم إذابة المادة المضافة في مذيب مناسب (الماء) حيث تغمر فيه بعد ذلك المادة الغذائية كما يحدث في حالة إضافة المضادات الحيوية لتأخير الفساد في الأسماك أثناء عملية الصيد.
- 7- التبخير: وذلك عند تعريض المادة الغذائية لغاز ثاني أكسيد الكبريت أثناء حرق زهر الكبريت خلال عملية تجفيف العنب أو استخدام غاز الإيثيلين أثناء انضاج الموز.

مخاليط المواد المضافة (الحافظة) مع بعضها:

يتم خلط المواد المضافة (الحافظة) مع بعضها بهدف الوصول إلى الآتي:

- * توسيع مدى الفاعلية أو تكبيره.
- * زيادة التأثير على الأحياء الدقيقة.

تكبير مدى الفاعلية:

يمكن أن يكون لأحد المخاليط مدى مختلف فاعليته عن المدى الخاص بكل مادة على حدة وفي هذه الحالة فإن الأحياء الدقيقة لا تتأثر بكل مادة على حدة أو تتأثر فقط عند استخدام تركيزات عالية جداً من أي من هذه المواد فمثلاً عند خلط حمض السوربيك

وحمض البنزويك فإنه يمكن تثبيط أنواع من البكتيريا لا يمكن أن تثبط بواسطة أي من حمض السوربيك أو البنزويك كل على حده.

زيادة التأثير علي الأحياء الدقيقة:

توجد ثلاثة احتمالات لتغير التأثير المضاد للأحياء الدقيقة عند خلط اثنين أو أكثر من المواد المضافة.

تأثير مضاف تأثير مقوى تأثير مضاد

ويقصد بالتأثير المضيف أن تأثير كل مادة مضافة على حدة يتم ببساطة بالإضافة لتأثير المادة الأخرى.

ويقصد بالتأثير المقوى أن تركيز أقل من الخليط يعطى تأثيراً مفيداً أو أكثر من كل مادة في الخليط على حدة.

ويقصد بالتأثير المضاد أن يكون التأثير عكسياً بمعنى أنه يلزم استخدام الخليط بتركيز أعلى من تركيز كل مادة على حده.

ويزيد في بعض الحالات التأثير المضاد للأحياء الدقيقة عند خلط المواد الحافظة مع بعضها وبذلك يمكن تقليل الكمية المستخدمة من المواد المضافة أو تقليل التأثير الجانبي المحتمل لها مثل التأثير على الصفات الحسية.

لكن لا يمكن وضع قاعدة لكل أنواع الأحياء الدقيقة من تأثير فاعلية مادة حافظة معينة على مادة حافظة أخرى وعلى سبيل المثال:

نجد أن حمض البوريك يقلل من تأثير المواد الحافظة الأخرى على *Escherichia coli* لكنه يقوى من تأثير هذه المخاليط على الفطريات.

ويوجد نوع آخر لزيادة الفاعلية للمواد المضافة من خلال خليط من مادة مضافة ذات تأثير مستمر مثل حمض السوربيك ومادة أخرى لحظية التأثير مثل فوق أكسيد الأيدروجين حيث تقوم المادة الثانية بقتل الميكروبات المتواجدة سريعاً بينما يقوم حمض السوربيك بالحماية من التلوث والفساد على المدى الطويل.

الإستفادة القصوي من المضافات الغذائية:

يمكن ذكر بعض الاعتبارات التي يمكن استخدامها كمحاولة للاستفادة بأكبر قدر

يمكن من استخدام المضافات الغذائية سواء لتحسين جودة الغذاء أو المحافظة على صحة المستهلك. ومن هذه الاعتبارات مايلي:

- 1- الأبتعاد بقدر الإمكان عن المواد الصناعية واستبدالها بالمواد الطبيعية.
- 2- استخدام الأغذية المحتوية على أقل كمية من المضافات الغذائية الصناعية.
- 3- تجنب استخدام الأغذية المحتوية على مضافات غذائية تحدث حساسية للمستهلكين.
- 4- استخدام مخاليط الإضافة وذلك لزيادة فاعلية المواد المضافة الحافظة في التأثير على عوامل الفساد بدلا من استخدام المواد بمفردها.

منع استخدام بعض المواد المضافة:

لقد كان من نتائج إعادة التقييم للمواد المضافة التوصل إلى أن بعضها ضار وبشكل خطيرة على صحة الإنسان، وصدر أمر بمنع بعضها من العديد من الدول.

ويبين الجدول (19) المواد وأسباب منع كل منها، ومن جهة أخرى فإن موضوع المواد المضافة للأغذية فرض نفسه في العديد من المؤتمرات العلمية العالمية واستحوذ على جانب كبير من النقاش والجدل وبدأت الدول بتشكيل العديد من اللجان الفنية والعلمية لمتابعة موضوع المواد المضافة للأغذية. ولذلك فمن المتوقع أن تزداد اعداد المواد المضافة التي سيتمنع استخدامها مستقبلا.

جدول (19) المواد المضافة التي منع استعمالها في الأغذية

الرقم	المادة المضافة	الوظيفة	المصدر	سنة المنع	سبب المنع
1	أصفر زبدى Butter Yellow	مادة ملونة	اصطناعي	1919	سرطان الكبد
2	أصفر رقم 4 FD&C Yellow 4	مادة ملونة	اصطناعي	1919	اتلاف القلب
3	حامض الخليك أحادي الكلور Monochloroacetic Acid	مادة حافظة	اصطناعي	1941	سام جداً
4	الأجين (ثالث كلوريد النيتروجين) (Nitrogen Trichloride) Agene	مادة تبيض	اصطناعي	1949	سام
5	الدولسين ((بارا ايوكسى) فنيل يوريا) (P-ethoxy Phenyl Urea) (Dulcin)	محلي	اصطناعي	1950	سرطان الكبد

تابع جدول (19)

الرقم	المادة المضافة	الوظيفة	المصدر	سنة المنع	سبب المنع
6	ثيوريا (Thiourea)	مادة حافظة	اصطناعي	1950	سرطان الكبد
7	8- ستيرات بولي أوكسي الاثيلين Polyoxyethylene- 8- Sterate (Myrj 45)	مادة مستحلبة لمنتجات الخبايز	اصطناعي	1952	أورام وحصى في المرارة
8	كومارين Comarin	مادة منهكة	نباتي	1954	تسمم الكبد
9	برتقالي رقم 8 (FD&C Orange8)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	تلف الأعضاء
10	برتقالي رقم 2 (FD&C Orange2)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	تلف الأعضاء
11	أحمر رقم 1 (FD&C Red 1)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	سرطان الكبد
12	أحمر رقم 4 (FD&C Red 4)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	تلف الغشاء الكظري
13	أحمر رقم 32 (FD&C Red 32)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	تلف الأعضاء
14	سودان 1 (Sudan 1)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	سرطان
15	أصفر رقم 1, 2 (FD&C Yellow 1-2)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	أضرار معوية
16	أصفر رقم 3 (FD&C Yellow 3)	مادة ملونة	اصطناعي	1960	تلف القلب
17	سافرول Safrole	مادة منهكة	نباتي	1960	سرطان الكبد
18	أملاح الكوبالت (Cobalt Salts)	مثبتات رغوة البيرة	معدني	1966	آثار سامة على القلب
19	أخضر رقم 1 (FD&C Green 1)	مادة ملونة	اصطناعي	1966	سرطان الكبد
20	زيت الكالاموس (FDOil of Calamus)	مادة منهكة	نباتي	1968	سرطان المعدة
21	السايكلاميت (Cyclamate)	مادة محلية	اصطناعي	1970	سرطان المرارة
22	حامض الـ Nordihydrog- uaiacetic Acid (NDGA)	مادة مانعة للأكسدة	نباتي	1971	تلف الكلى
23	ثنائي ايثيل بيروكربونيت Deithyl Py- rocarbonate (DEPC)	مادة حافظة للمرطبات	اصطناعي	1972	تتحد مع الأمونيا وتكون اليوريات
24	بنفسجي رقم 1 (FD&C Violet 1)	مادة ملونة	اصطناعي	1973	السرطان
25	أحمر رقم 2 (FD&C Red 2) (Amaranth)	مادة ملونة	اصطناعي	1976	السرطان
26	أخضر رقم 3 (Green 3)	مادة ملونة	اصطناعي	1981	مادة مسرطنة
27	أحمر رقم 3 (Red 3)	مادة ملونة	اصطناعي	1983	أورام في الغدة الدرقية
28	أصفر رقم 6 (Yellow 6)	مادة ملونة	اصطناعي	1985	أورام في الكلى
29	برومات البوتاسيوم Potasium bromate	محسن للرغيف	اصطناعي	1999	مادة مسرطنة

المواد المضافة التغذوية:

مقدمة:

إن إضافة العناصر المغذية إلى الأغذية بغرض التدعيم ليس بالشيء الجديد فقد بدأت عمليات تدعيم الأغذية منذ ما يزيد على 180 عاماً، فأول عملية تدعيم الأغذية كانت بإضافة اليود إلى ملح الطعام لمعالجة تضخم الغدة الدرقية Goitre وذلك عام 1831م. كما بدأت الدنمارك بإضافة فيتامين أ إلى المارجرين عام 1917 وذلك لمعالجة حالات نقص هذا الفيتامين لدى الأطفال. وأجريت تجارب في مصر لتدعيم الخبز باستخدام عنصر الحديد.

إن هناك العديد من المصطلحات التي تستعمل في مجال تدعيم الأغذية ومن أهمها:

التدعيم التعويضي Restoration: ويقصد به التعويض الجزئي أو الكلي للعناصر المغذية التي تفقد نتيجة لعمليات تصنيع الأغذية ومن الأمثلة على ذلك فقد الحديد ومجموعة فيتامين ب من الحبوب أثناء طحنها.

التدعيم الإحلالي Fortification: يشير هذا المصطلح إلى إضافة العناصر المغذية إلى أغذية لا تحتوي على هذه العناصر المغذية أو هي فقيرة بها. ومن الأمثلة على ذلك إضافة فيتامين أ إلى المارجرين وذلك لتعويض النقص في استهلاك هذا الفيتامين نتيجة لإحلال المارجرين محل الزبدة. كما ينطبق هذا المصطلح أيضاً على إضافة فيتامين (د) إلى مسحوق الحليب.

التدعيم الإغنائي Enrichment: يقصد به زيادة كمية العناصر المغذية الموجودة في غذاء ما لجعله مصدراً غنياً بهذه العناصر المغذية. يستخدم هذا المصطلح في الوقت الحاضر بدلاً من مصطلحي التدعيم التعويضي والتدعيم الإحلالي.

التدعيم التقييسي Standardization: ويشير إلى عمليات التدعيم التي تهدف إلى إضافة العناصر المغذية لغذاء ما لأغراض التعويض عن الاختلافات الطبيعية أو الموسمية في ذلك الغذاء، ومن الأمثلة على ذلك العسل.

أسباب ومبررات تدعيم الأغذية:

1 - يسود اعتقاد في الوقت الحاضر أن هناك رغبة نحو خفض مقررات السرعات الحرارية اليومية الأمر الذي يؤدي إلى خفض الكميات المتناولة من العناصر المغذية.

- 2 - يرى بعض الباحثين أن الأغذية وأنماط التغذية الحديثة تعتبر غير كاملة من الناحية التغذوية وعليه فهي بحاجة إلى تدعيم. ويعزى ذلك إلى زيادة عدد الوجبات التي يتم تناولها خارج البيت وإلى الإقبال المتزايد على تناول الأغذية الخفيفة على حساب الوجبات المنزلية وكذلك إلى خفض الكميات المتناولة من الأغذية وإلى اختيار الأغذية الفقيرة في محتواها من العناصر المغذية إضافة إلى استبدال بعض الأغذية التقليدية ذات القيمة الغذائية المعروفة بأخرى مصنعة ذات قيمة غذائية غير معروفة.
- 3 - يتوقع البعض بأن عمليات التدعيم قد تساعد على إلغاء بعض الحواجز Harmonization في مجال تجارة الغذاء الدولية.
- 4 - أدت عمليات التدعيم إلى محاصرة أو تقليل انتشار بعض الأمراض التي لها علاقة بنقص بعض العناصر المغذية ومن الأمثلة على ذلك تضخم الغدة الدرقية عن طريق إضافة اليود إلى ملح الطعام وكذلك مرضى البرى يرى والبلاجرا عن طريق تدعيم الحبوب بمجموعة فيتامين (ب) وأيضاً مرض الكساح عن طريق تدعيم الحليب بفيتامين (د).
- 5 - يساعد التدعيم على تقليل الاختلافات الكبيرة في محتوى الأغذية من العناصر المغذية نتيجة للتغيرات الموسمية والوراثية.
- 6 - إن الحقائق التغذوية الخاصة ببطاقة العبوة تدعو إلى القيام بعمليات التدعيم لتعويض النقص في بعض العناصر المغذية (كفيتامين (ج) في عصير الفاكهة مثلاً) الناجمة عن التخزين وذلك لمواقفة ما ثبت في بطاقة العبوة.
- 7 - يرى بعض القائلون على أمور التغذية أن برامج التدعيم بالعناصر المغذية أكثر فاعلية من برامج التثقيف الغذائي.
- 8 - لقد زاد الإقبال في السنوات الخمس الماضية على شراء مواد التدعيم التغذوية Dietary Supplement للأعتقاد بأن هذه المواد تساعد على زيادة نسبة الذكاء لدى الأطفال Intelligence Quotient (IQ) عند تناولهم لها، ورغم عدم وجود قاعدة علمية لهذا الاعتقاد إلا أن الناس ما زالوا يعتقدون به مما حدا ببعض مصنعي الأغذية إلى الإقبال الشديد على عمليات التدعيم لأهداف تسويقية.

9 - إذا كان الغذاء يعتبر مصدراً جيداً لواحد أو أكثر من العناصر الغذائية وكانت هذه العناصر الغذائية تتعرض لعمليات فقد أثناء التصنيع ومن الأمثلة على ذلك فقد جزء من مجموعة فيتامين (ب) أثناء طحن القمح.

10- إدخال أو تطوير أغذية جديدة لتحل محل أغذية قديمة معروفة بأنها مصادر جيدة لبعض العناصر الغذائية، ففي هذه الحالة يوصى بتدعيم الأغذية الجديدة. ومن الأمثلة على ذلك إدخال المارجرين (الزبد النباتي) ليحل محل الزبدة، والحليب منزوع الدسم ليحل محل الحليب كامل الدسم، لذا يوصى بتدعيم المارجرين بفيتامين (أ) لأن الزبدة تعتبر مصدراً غنياً له، كما يوصى بتدعيم مسحوق الحليب المنزوع الدسم بفيتامين (د) لأن الحليب كامل الدسم يعتبر مصدراً غنياً لهذا الفيتامين.

11- أن التشريعات الخاصة بالأغذية في العديد من الدول تنص على أن تكون الأغذية الجديدة Novel Foods (والتي تصنع لتحل محل أغذية طبيعية معروفة مثل البروتينات النباتية المنسوجة Texturized Vegetable Proteins (TVP) المستعملة كبدايل للحوم) مشابهة في قيمتها الغذائية تقريباً للأغذية الطبيعية التي ستستعمل كبدايل لها، وهذا ما يبرر عمليات التدعيم.

12 - تحول الألياف والفائتات الموجودة في الأغذية النباتية دون الامتصاص الأمثل لبعض المعادن كالحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والزنك وغيرها، ولذا فإنه يحسن أخذ ذلك بالاعتبار عند تصنيع الأغذية الغنية بالألياف.

13- إن نسبة ما هو متاح حيويًا من مغذٍ ما يمكن زيادتها أحيانًا بإضافة مغذيات معينة، ومن الأمثلة على ذلك زيادة المتاح من الحديد بوجود فيتامين (جـ) ومن الكالسيوم بوجود فيتامين (د)، ومثل ذلك يبرر عمليات تدعيم الأغذية.

ما يجب مراعاته عند إجراء عمليات تدعيم أو تعزيز المنتجات الغذائية:

- 1- أن يضاف العنصر الغذائي بالنسب المصرح بها (لا أكثر ولا أقل من المفروض).
- 2- يجب أن يكون العنصر في صورة سهلة الامتصاص وسهل استفادة الجسم منها، وأن تحقق عملية التدعيم فوائد فسيولوجية للفرد بعد تناول المنتج المدعم.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

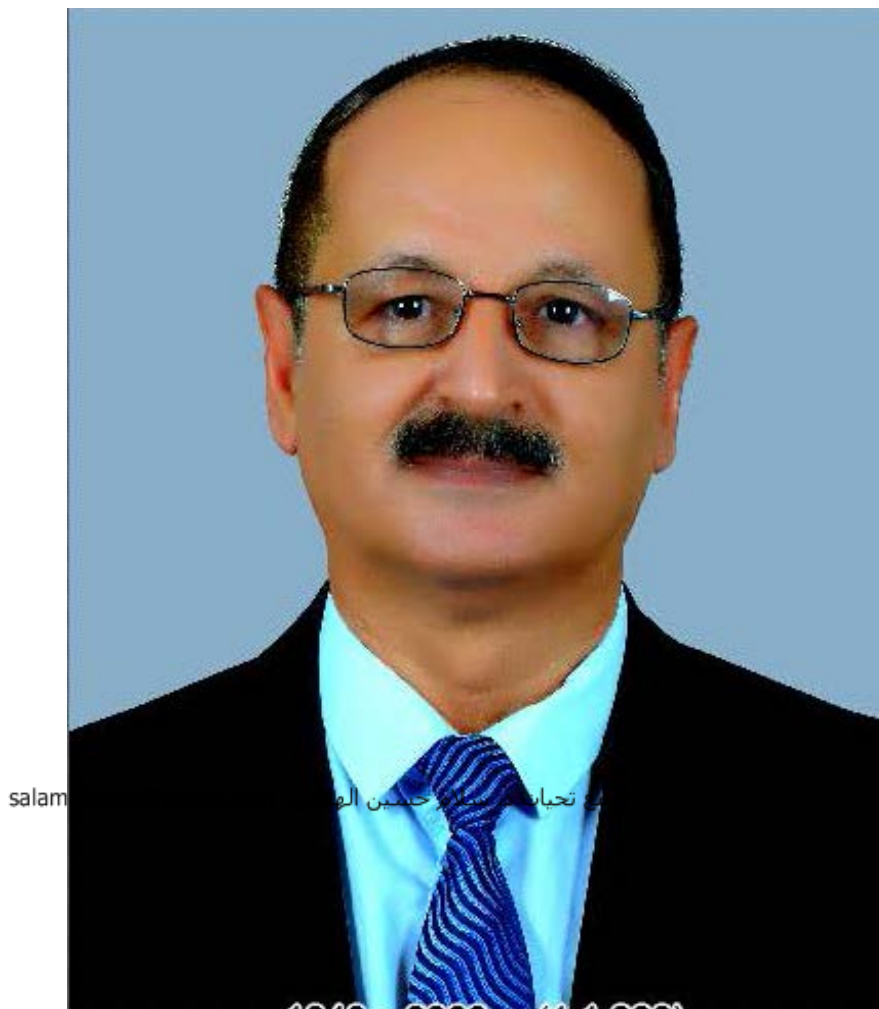
salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



- 3- أن تكون صورة العنصر المضافة ثابتة أطول فترة ممكنة وخاصة خلال مراحل الإعداد المختلفة والتعبئة والتخزين والتداول وحتى عمليات الطهي ليتحقق الهدف الرئيسي من عملية التدعيم.
- 4- ألا يؤثر العنصر المضاف تأثيراً سلبياً في عمليات تمثيل أى عنصر من العناصر الغذائية الأخرى الموجودة في المنتج.
- 5- يجب ألا تتسبب إضافة العنصر الغذائي في حدوث أية تغيرات غير مرغوب فيها في الخواص المميزة للمنتج والمألوفة لدى المستهلك مثل الطعم، النكهة، القوام، مدة الحفظ أو طرق الطهي المستخدمة وأيضاً القيمة الغذائية.
- 6- ضرورة التأكد من تجانس العنصر المضاف مع باقي مكونات المنتج الغذائي أو مقدار إذابته فيه.
- 7- لا ينبغي أن يضاف العنصر الغذائي بغرض خداع المستهلك بخصوص القيمة الغذائية للمنتج ككل.
- 8- يجب أن تتوفر في أماكن التصنيع المعدات والأجهزة التي تمكن القائم بعملية التدعيم الغذائي من التحقق بالأساليب العلمية السليمة من النسب المضافة من العناصر الغذائية ومدى توافقها مع النسب المسموح والمصرح بها.
- 9- ألا تؤدي عمليات التدعيم إلى رفع التكلفة النهائية للمنتج حتى يكون متناسب مع الحالة الاقتصادية للمستهلك.
- 10- ضرورة استخدام الأساليب العلمية الحديثة وتطوير مجال تكنولوجيا الأطعمة ليكون من السهل على منتجي الأغذية إجراء عمليات التدعيم على نطاق أوسع وضمان وصول المنتج الغذائي للمستهلك في صورة عالية من الجودة.

أساسيات اختيار الغذاء المناسب:

- 1- أن يكون الغذاء المراد تقويته من الأغذية الرئيسية التي يتناولها قطاع كبير من المجتمع.
- 2- يعتبر الغذاء مهماً إذا كان يوفر على الأقل 10٪ من الإحتياجات اليومية من عنصر أو أكثر من العناصر الغذائية الرئيسية.
- 3- يجب معرفة التركيب الكيميائي للغذاء وفيما إذا كان هناك نقصاً في بعض المغذيات أو أن عملية تصنيعه تسبب نقصاً في هذه المغذيات.
- 4- يجب أن تكون هناك معلومات وافية عن طريقة تناول وتداول الغذاء المراد تقويته.

الشروط الواجب توافرها لتقوية الغذاء:

- 1- أن تكون هناك مبررات لحاجة جزء أو مجموعة من المجتمع لبعض العناصر الغذائية الرئيسية نتيجة عدم حصولهم على الكميات الكافية من هذه العناصر.
- 2- أن يكون استهلاك الغذاء المراد تقويته ثابتاً وأن أي زيادة أو نقصان في تناول هذا الغذاء يجب أن تكون معروفة.
- 3- أن تكون كمية المغذيات المراد اضافتها إلى الغذاء كافية لتصحيح الوضع التغذوي أو منع الإصابة بالمرض الناتج عن نقص هذه المغذيات.

أهم المشاكل المتعلقة بمجال التدعيم الغذائي:

من أهم المشاكل التي تقابل العاملين في مجال تدعيم الأغذية هو كيفية المحافظة على ثبات العناصر الغذائية المضافة والمحافظة على قيمتها الحيوية إلى أن تصل إلى المستهلك، فقد وجد أن هناك العديد من العوامل التي قد تؤثر بشكل كبير على درجة ثبات العنصر الغذائي المضاف ومن أهمها:

- 1- درجة الحرارة.
- 2- التعرض للأكسجين.
- 3- درجة الـ PH .
- 4- الرطوبة المحيطة.
- 5- التعرض للضوء.
- 6- وجود عوامل مؤكسدة أو مختزلة.
- 7- وجود أيونات لبعض المعادن (حديد، نحاس.. إلخ).
- 8- تأثير عناصر أخرى في المنتج.
- 9- وجود مركبات أخرى في الغذاء مثل أكسيد الكبريت، الأوكسالات، الفيتامينات .. إلخ فعلى سبيل المثال فإن إضافة ثاني أكسيد الكبريت كمادة حافظة للأغذية يؤدي إلى تكسير الثيامين ومن ناحية أخرى فإنه يحفظ فيتامين (C) والجدول رقم (20) يظهر درجة ثبات بعض المضافات التغذوية.

جدول (20) درجة ثبات الإضافات الغذائية

نسبة الفقد نتيجة لعمليات الطبخ %	الثباتية ضد					العناصر المغذية
	الحرارة	الضوء	الأكسجين	القلوية	الحموضة	
صفر - 40	غ	غ	غ	ث	غ	فيتامين (A)
صفر - 30	غ	غ	غ	ث	غ	الكاروتين
صفر - 100	غ	غ	غ	غ	ث	فيتامين (C)
صفر - 60	غ	ث	ث	ث	ث	البيوتين
صفر - 10	ث	غ	غ	ث	غ	فيتامين (B ₁₂)
صفر - 40	غ	غ	غ	غ	-	فيتامين (D)
صفر - 100	غ	غ	غ	ث	غ	حامض الفوليك
صفر - 5	ث	غ	ث	غ	غ	فيتامين (K)
صفر - 75	غ	ث	ث	ث	ث	النياسين
صفر - 50	غ	ث	ث	غ	غ	حامض البانتوثنيك
صفر - 40	غ	غ	ث	ث	ث	فيتامين (B ₆)
صفر - 75	غ	غ	ث	غ	ث	الريبوفلافين
صفر - 80	غ	ث	غ	غ	ث	الثيامين
صفر - 55	غ	غ	غ	ث	ث	فيتامين (E)
صفر - 40	غ	ث	ث	ث	ث	الليسين
صفر - 10	ث	ث	ث	ث	ث	المثيونين
صفر - 3	ث	ث	ث	ث	ث	الألاح المعدنية

ث : ثابت ، غ : غير ثابت

ويبين الجدول تأثير بعض عوامل الفساد على درجة ثبات الإضافات الغذائية. يتضح من الجدول السابق أن الفيتامينات (A) و(B₁₂) و(K) وحامض الفوليك والبانتوثنيك غير ثابتة عند الأرقام الهيدروجينية الحامضية بينما نجد أن الثيامين والريبوفلافين وحامض البانتوثنيك

والفيتامينات (K) و (D) و (C) غير ثابتة عند الأرقام الهيدروجينية التي تزيد على 7 أو القاعدية. كذلك يبين الجدول أن الأكسجين عامل فساد للكثير من الإضافات الغذائية ومنها الفيتامينات (A) و (C) و (B₁₂)، و (D) و (E) و (B₁) وحامض الفوليك. وبخصوص تأثير الضوء على ثباتية الإضافات الغذائية نجد أن هناك عشر مغذيات من بين 17 شملها الجدول تتأثر ثباتيتها بالضوء ومنها الرايبوفلافين والفيتامينات (E) و (B₆) و (K) و (D) و (B₁₂) و (A) و (C). من ناحية أخرى نجد أن الحرارة تؤثر على الكثير من الإضافات الغذائية ولذا نجد أن نسبة الفقد نتيجة عمليات الطبخ قد تصل أحياناً إلى 100٪ كما هو الحال في فيتامين (C) إلا أن بعض العناصر المغذية لا تتأثر بالحرارة كما هو الحال في فيتامين (K) والأملاح المعدنية.

الآثار الضارة المحتملة من زيادة الكميات المتناولة من الإضافات الغذائية:

لقد أصبح من الأمور المعروفة أو المسلم بها أن تناول كميات زائدة من الفيتامينات والمعادن وحتى الأحماض الأمينية يعتبر أمراً غير مرغوب فيه وكثيراً ما يسبب مشاكل صحية. إن تناول كميات كبيرة من فيتامين (A) و (D) يؤدي إلى حدوث أعراض السمية، كما أن تناول جرعات زائدة من بعض المعادن قد يؤثر على امتصاص العناصر المغذية الأخرى وقد يسبب عدم التوازن Imbalance. أما بخصوص العناصر النادرة فإن الكميات الزائدة منها تؤدي إلى حدوث السمية.

من أحدث الطرق التكنولوجية الحديثة التي ظهرت كمحاولة للحفاظ على درجة ثبات العنصر الغذائي لتسهيل عملية التدعيم هو أسلوب استخدام كبسولات لوضع العنصر الغذائي وخاصة الفيتامينات بداخلها أي تكوين أغلفة تحيط بالفيتامين المراد إضافته للغذاء وهو ما يعرف بـ Coating Agents وهذا الغلاف مكون من (الجيلاتين، نشاء، سكريات و صمغ). وهذه الأغلفة قابلة للذوبان في مكونات الطعام ولكن تعطي حماية لما بها من عناصر غذائية.

تصنيف الإضافات الغذائية:

تصنف المراجع العلمية الإضافات الغذائية إلى:

أملاح معدنية.

فيتامينات .

أحماض أمينية.

مركبات بروتينية.

ألياف.

المواد المضافة غير المقصودة:

تسميها بعض المراجع بالملوثات أو الملوثات العارضة .

تتضمن المواد المضافة غير المقصودة كل من:

(أ) متبقيات المبيدات والمضادات الحيوية، والهرمونات.

(ب) المواد الكيماوية التي تتسرب إلى الأغذية عن طريق مواد التعبئة.

(ج) مواد التزييت والشحوم التي تنتقل إلى الأغذية من ماكينات التصنيع.

(د) الميكروبات الممرضة أو سمومها.

إن وجود المواد المضافة غير المقصودة في الأغذية قد يعزي إلى ممارسات وقائية أو علاجية أو لزيادة الإنتاج النباتي والحيواني أو إلى حدوث أخطاء أثناء التحضير أو التصنيع أو حدوث تلوث من الماكينات والأدوات المستعملة في التصنيع أو حدوث تلوث بيئي. وتذكر في هذا السياق حادثة أو كارثة المفاعل النووي الروسي تشيرنوبل، وما أدت إليه من مشاكل تتعلق بتلوث مصادر الغذاء. وكذلك التلوث بالميكروبات الممرضة أو سمومها سواء أثناء التصنيع أو الخزن أو النقل للمواد الغذائية.

على الرغم من أن التعريف الدولي للمواد المضافة لم يتضمن المواد المضافة غير المقصودة إلا أن القوائم الدولية للمواد المضافة قد تضمنت ستة عشر عنصراً ومادة تحت عنوان الملوثات، وخلت القوائم الدولية من متبقيات المبيدات والمضادات الحيوية والهرمونات وكذلك السموم الميكروبية. تضمنت قائمة الملوثات كلاً من الزرنيخ والكادميوم والنحاس والحديد والرصاص والزرنيق والقصدير والزنك وأملاح القصدير غير العضوية ومركبات القصدير العضوية، والزرنيق المثيلي والاسبستوس. كما شملت قائمة الملوثات الدولية أربع مواد لها علاقة بمواد التعبئة وهي الأكريلونيتريل وكلوريد الفينيل وفتالات هيكسيل الايثيل والستيارين. ويتضح من القائمة

الدولية للملوثات أن هناك ست ملوثات فقط تم تقييمها من قبل لجنة الجكفا وهي الخارصين أو الزنك والقصدير والرصاص والحديد والنحاس والزرنيخ، وذلك حتى عام 1982، وأن غالبية هذه الملوثات قد تم تقييمها من قبل مؤسسة الـ FDA الأمريكية.

إن مما يجدر ذكره أن بعض المواد قد تصبح ملوثات للغذاء نتيجة لاحتكاكها أو ملامستها للغذاء كما هو الحال في مواد تعبئة الأغذية. إن الكثير من هذه المواد عبارة عن بوليمرات Polymers وهي بحد ذاتها خاملة Inert وغير سامة ولا تهاجر إلى الأغذية. وتعتبر المونومرز Monomers والتي قد توجد على صورة بوليمرات Polymeric Materials أو متبقيات للمواد المتفاعلة أو مواد وسيطة أو مساعدات تصنيع أو مذيبيات أو مضافات بلاستيكية أو مواد ناتجة من التفاعلات الجانبية أو من عمليات التحلل الكيماوي مواد لها القدرة على الهجرة والانتقال للغذاء وقد تكون سامة. إن هجرة مثل هذه الملوثات قد يحدث أثناء عمليات التصنيع وتحضير الأغذية مثل التسخين والطبخ في أفران الميكروويف والمعاملة بالأشعة المتأينة أو أثناء الخزن ويوصي بإجراء اختبارات تقييم السلامة على الملوثات، وكما هو الحال في المواد المضافة الأخرى.

المراجع

أولاً: باللغة العربية:

- * أحمد عكسر (1987)، المواد الحافظة للأغذية (الخواص - الاستخدام - التأثير)، الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة.
- * علي كامل المساعد (1995)، المواد المضافة للأغذية (استعمالاتها، إيجابياتها وسلبياتها)، الطبعة الأولى، الشركة الجديدة للطباعة والتجليد، عمان، الأردن.
- * عفاف عبد الرحمن الجديلي وهناء محمد حميدة (2003)، المواد المضافة للأغذية (الإيجابيات والسلبيات)، الطبعة الأولى، مجموعة النيل العربية، القاهرة.
- * حنفي هاشم وأحمد عسكر (1996)، أساسيات كيمياء الأغذية، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- * مصطفى عبد الرزاق نوفل (1989)، الطريق إلى الغذاء الصحي «أسس صحية علمية تطبيقية»، الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- * مصطفى قرعة جولي (2004)، موسوعة الغذاء والتغذية، دار الفكر، دمشق.
- * سعد أحمد سعد حلابو، عادل زكي محمد بديع، محمود علي أحمد بخيت (2008)، تكنولوجيا الصناعات الغذائية «أسس حفظ وتصنيع الأغذية» الطبعة الثانية المكتبة الأكاديمية، الجيزة، جمهورية مصر العربية.

ثانياً: باللغة الأجنبية:

- Branen, A. L; Davidson, P. M. and Thorngate III, J. H. (2002) Food additives. Second ed. Marcel Dekker, INC. New York. Basel.
- Francis, F. J. (2000). Encyclopedia of Food Science and Technology. Second ed. vol. 3. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons. Inc. New York. Singapore. Toronto.

- Furia, T. E. (1972). Handbook of Food additives. 2nd ed. Published by CRC Press A Division of the Chemical Rubber Co. 18901 Crane-wood Parkway cleveland ohio 44128 U. S. A.
- Jennings, W; and Shibamoto, T. (1980) Qualitative analysis of flavour and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. Academic Press, New York, London, Sydney, Toronto, San Francis.
- Meyer, L. H. (1960). Food chemistry. Reinhold Publishing Corporation. New York. Chapman and Hall. London.
- Potter, N. M. and Hotchkiss, J. H (1995) Food science. Fifth ed. Chapman and Hall. New York. London. Boon. Paris.
- Taylor, R. J. (1980). Food additives. John Wiley and Sons. New York.
- Triebold, O. H. and Aurand, W. L. (1963). Food composition and analysis. D Van Nostrand Company INC. New York, New Jersey, Toronto, London.



ملحق رقم (1)

تحويل درجات الحرارة

يوضح هذا الجدول كيفية تحويل درجات الحرارة المئوية إلى درجات الحرارة الفهرنهايتية حيث نجد أن الأرقام الموضوعة بين الأقواس () تدل على أي من الدرجات المئوية أو الفهرنهايتية المطلوب تحويلها إلى المقياس المخالف. فمثلاً إذا كان الرقم بين القوسين (120) ممثلاً لدرجة الحرارة المئوية فإن ما يقابلها من درجة الحرارة الفهرنهايتية يكون 48.89 وهو على يمين القوس (أ). أما إذا كان نفس الرقم ممثلاً لدرجة الحرارة الفهرنهايتية فإن ما يقابلها من درجة الحرارة المئوية يكون 248 وهو على يسار القوس (ب) وهكذا.

أ		ب	أ		ب
73.3 -	(100 -)	148 -	11.1 -	(12)	53.60
76.8 -	(90 -)	130 -	10.0 -	(14)	57.20
62.2 -	(80 -)	112 -	8.89 -	(16)	60.80
56.7 -	(70 -)	94 -	7.78 -	(18)	64.40
51.1 -	(60 -)	76 -	6.67 -	(20)	68.00
45.9 -	(50 -)	58 -	5.56 -	(22)	71.60
40.0 -	(40 -)	40 -	4.44 -	(24)	75.20
34.4 -	(30 -)	22 -	3.33 -	(26)	78.80
28.9 -	(20 -)	4 -	2.22 -	(28)	82.40
23.3 -	(10 -)	14.00	1.11 -	(30)	86.00
17.8 -	(صفر)	32.00	صفر	(32)	89.60
16.7 -	(2)	35.60	1.11	(34)	93.20
15.6 -	(4)	39.20	2.22	(36)	96.80
14.4 -	(6)	42.80	3.33	(38)	100.40
13.3 -	(8)	46.40	4.44	(40)	104.00
12.2 -	(10)	50.00	5.56	(42)	107.60

تابع ملحق رقم (1)

ب		أ	ب		أ
212.00	(100)	37.78	111.20	(44)	6.67
215.60	(102)	38.89	114.80	(46)	7.78
219.20	(104)	40.00	118.40	(48)	8.89
222.80	(106)	41.11	122.00	(50)	10.00
226.40	(108)	42.22	125.60	(52)	11.11
230.00	(110)	43.33	129.20	(54)	12.22
233.60	(112)	44.44	132.80	(56)	13.33
237.20	(114)	45.56	136.40	(58)	14.44
240.80	(116)	46.67	140.00	(60)	15.56
244.40	(118)	47.78	143.60	(62)	16.67
248.00	(120)	48.89	147.20	(64)	17.78
251.60	(122)	50.00	150.80	(66)	18.89
255.20	(124)	51.11	154.40	(68)	20.00
258.80	(126)	52.22	158.00	(70)	21.11
262.40	(128)	53.33	161.60	(72)	22.22
266.00	(130)	54.44	165.20	(74)	23.33
269.60	(132)	55.56	168.80	(76)	24.44
273.20	(134)	56.67	172.40	(78)	25.56
276.80	(136)	57.78	176.00	(80)	26.67
280.40	(138)	58.89	179.60	(82)	27.78
284.00	(140)	60.00	183.20	(84)	28.89
287.60	(142)	61.11	186.80	(86)	30.00
291.20	(144)	62.22	190.40	(88)	31.11
294.80	(146)	63.33	194.00	(90)	32.22
298.40	(148)	64.44	197.60	(92)	33.33
302.00	(150)	65.56	201.20	(94)	34.44
305.60	(152)	66.67	204.80	(96)	35.56
309.20	(154)	67.78	208.40	(98)	36.67

تابع ملحق رقم (1)

ب		أ	ب		أ
413.60	(212)	100.00	312.80	(156)	68.89
417.20	(214)	101.11	316.40	(158)	70.00
420.80	(216)	102.22	320.00	(160)	71.11
424.40	(218)	103.33	323.60	(162)	72.22
428.00	(220)	104.44	327.20	(164)	73.33
431.60	(222)	105.56	330.80	(166)	74.44
435.20	(224)	107.67	334.40	(168)	75.56
438.80	(226)	107.78	338.00	(170)	76.67
442.40	(228)	108.89	341.60	(172)	77.78
446.00	(230)	110.00	345.20	(174)	78.89
449.60	(232)	111.11	348.80	(176)	80.00
453.20	(234)	112.22	352.40	(178)	81.11
456.80	(236)	113.33	356.00	(180)	82.22
460.40	(238)	114.44	359.60	(182)	83.33
464.00	(240)	115.56	362.20	(184)	84.44
467.60	(242)	116.67	366.80	(186)	85.56
471.20	(244)	117.78	370.40	(188)	86.67
474.80	(246)	118.89	374.00	(190)	87.78
478.40	(248)	120.00	377.60	(192)	88.89
482.00	(250)	121.11	381.20	(194)	90.00
485.60	(252)	122.22	384.80	(196)	91.11
489.20	(254)	123.33	388.40	(198)	92.22
492.80	(256)	124.44	392.00	(200)	93.33
496.40	(258)	125.56	395.60	(202)	94.44
500.00	(260)	126.67	399.20	(204)	95.56
503.60	(262)	127.78	402.80	(206)	96.67
507.20	(264)	128.89	406.40	(208)	97.78
510.80	(266)	130.00	410.00	(210)	98.89

تابع ملحق رقم (1)

ب		أ	ب		أ
653.00	(345)	173.89	514.4	(268)	131.11
262.00	(350)	176.67	518.00	(270)	132.22
671.00	(355)	179.44	521.60	(272)	133.33
680.00	(360)	182.22	525.20	(274)	134.44
689.00	(365)	185.00	528.80	(276)	135.56
698.00	(370)	187.78	532.40	(278)	136.67
707.00	(375)	190.56	536.00	(280)	137.78
716.00	(380)	193.33	539.60	(282)	138.89
725.00	(385)	196.11	543.20	(284)	140.00
734.00	(390)	198.89	546.80	(286)	141.11
734.00	(395)	201.67	550.40	(288)	142.22
752.00	(400)	204.44	554.00	(290)	143.33
770.00	(410)	210.00	557.60	(292)	144.44
788.00	(420)	215.22	561.20	(294)	145.56
806.00	(430)	221.11	564.80	(296)	146.67
824.00	(440)	226.67	568.40	(298)	147.78
842.00	(450)	232.22	572.00	(300)	148.09
860.00	(460)	237.78	581.00	(305)	151.67
878.00	(470)	243.33	590.00	(310)	154.44
896.00	(480)	248.89	599.00	(315)	157.22
914.00	(490)	254.44	608.00	(320)	160.00
932.00	(500)	260.00	617.00	(325)	162.78
1022.00	(550)	287.78	626.00	(330)	165.56
1112.00	(600)	315.56	635.00	(335)	168.33
1292.00	(700)	371.11	580.00	(340)	171.11

رقم الإيداع

٢٠٠٩/٩٢٠١

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي salamalhelali@yahoo.com